



GOBIERNO DE CHILE
COMISION NACIONAL DE ENERGIA



gtz



DISPONIBILIDAD DE

RESIDUOS MADEREROS

RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PRIMARIA DE LA MADERA •
DISPONIBILIDAD PARA USO ENERGÉTICO

DISPONIBILIDAD DE

RESIDUOS MADEREROS

RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PRIMARIA DE LA MADERA •
DISPONIBILIDAD PARA USO ENERGÉTICO

RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PRIMARIA DE LA MADERA •
DISPONIBILIDAD PARA USO ENERGÉTICO

Publicado por:

Comisión Nacional de Energía (CNE)

Teatinos 120, Piso 7, Santiago, Chile
www.cne.cl

Instituto Forestal (INFOR)

Sede Metropolitana
Huérfanos 554, Santiago, Chile
www.infor.cl

**Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH**

Federico Froebel 1776, Providencia, Santiago, Chile
www.gtz.de

Coordinación:

Christian Santana, CNE
Trudy Könemund, GTZ

Autores INFOR:

Patricio González
Verónica Álvarez
Mauricio Stange
Carlos Herrera
Marcos Cohen
Evaristo Pardo

Diseño y diagramación:
Hernán Romero

Impresión:
ByB Impresores

ISBN: 978-956-7700-09-7

Fotos interiores: INFOR y www.mit.cl

Santiago de Chile, octubre de 2007

RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PRIMARIA DE LA MADERA • DISPONIBILIDAD PARA USO ENERGÉTICO

Comisión Nacional de Energía



Instituto Forestal



Cooperación técnica alemana



Cooperación Intergubernamental
Chile - Alemania



Resumen ejecutivo

Este estudio tuvo por finalidad recolectar datos del proceso productivo de la industria del aserrío, cuantificar el consumo de trozas y la producción de madera aserrada, para finalmente determinar la cantidad y disponibilidad de residuos aprovechables energéticamente (RAE) que se generan en el proceso de transformación primaria de la madera. El área de estudio consideró los aserraderos móviles y permanentes operativos actualmente, y que se ubican entre las Regiones de Coquimbo y de Magallanes, incluida la Región Metropolitana.

Un aspecto importante del estudio fue la obtención de una base nacional de información georreferenciada sobre estas industrias generadoras de residuos, lo que permitirá establecer las áreas de generación, y proveer de antecedentes valiosos para la toma de decisión de agentes privados y públicos, en el marco de la búsqueda de opciones de diversificación de la matriz energética nacional con base en la utilización de fuentes renovables.

Los resultados del estudio se presentan para el año 2005 con desagregación a nivel regional y provincial, y para el caso de los aserraderos permanentes la desagregación de la información se presenta además a nivel comunal. El análisis de los resultados comprende los siguientes tópicos: la distribución del número de aserraderos por tipo y región; la producción total de madera aserrada por tipo de aserradero, según región; la distribución de la producción de madera aserrada por tipo de aserradero y especie procesada; el consumo total de trozas por tipo de aserradero, según región; la distribución porcentual del tipo tecnología empleada en el proceso de transformación, por tipo de aserradero; el número de aserraderos que cuentan con tratamientos de la madera (baño anti-mancha y secado), según tipo de aserradero; la estimación del volumen de residuos aprovechables energéticamente (RAE), incluyendo su distribución por tipo de residuo y tipo de aserradero; el destino de estos residuos y el volumen de corteza producido (libre y adherida a lampazos), según tipo de aserradero.

Conjuntamente con estos resultados, el estudio produce dos sistemas: uno de administración, procesamiento y salida de datos (SIDENDRON); y un sistema de acceso usuario para el despliegue geográfico de la información (Navegador Cartográfico en web) para el área de influencia del proyecto, que permite visualizar la localización de las industrias de transformación primaria y las áreas de concentración de producción de madera aserrada y de generación de residuos madereros.

Del grupo de aserraderos móviles, la estimación de los valores a nivel poblacional, consideró una muestra de 102 aserraderos móviles portátiles y 152 aserraderos móviles tradicionales. Para el grupo de aserraderos permanentes se realizó un censo de los 341 aserraderos existentes y trabajando, completándose un total de 595 aserraderos encuestados.

La especie pino radiata es la más utilizada, abarcando el 96,7% del consumo; luego están las especies nativas con un 1,9%; álamo con 0,6%; pino oregón con 0,6% y otras especies con el 0,2% restante.

Los valores obtenidos, libres de corteza, muestran una producción total de madera aserrada de 5.555.154 m³ssc, en donde el 93,8% es aportado por los aserraderos permanentes, el 1,2% por los aserraderos móviles portátiles y un 5,0% por los aserraderos móviles tradicionales. La producción de madera elaborada alcanza a 1.915.659 m³ssc en donde un 55,2% es generado por aserraderos con remanufactura y un 44,8% por aserraderos con elaboración. Los consumos asociados logran un volumen total de 17.205.663 m³scc, manteniéndose las proporciones anteriores, con un 95,6% para los aserraderos permanentes; 0,8% y 3,6% para los aserraderos móviles portátiles y móviles tradicionales, respectivamente.

La relación entre los niveles de producción y consumo entrega un rendimiento general de 52% de producción de madera aserrada, generando en el proceso residuos de lampazo y aserrín, además de un volumen astillas y tapas, provenientes de la utilización de los lampazos. Parte del volumen generado de madera aserrada, se reprocesa para generar madera elaborada o de remanufactura, con lo cual se genera un nuevo volumen de residuos, del tipo despunte, viruta y aserrín. Considerando el total de consumo con corteza, los resultados muestran que el volumen de lampazo es de 611.844 m³ssc (3,6%); el aserrín, proveniente de las dos etapas, es de 2.986.793 m³ssc (17,4%); despuntes, 309.323 m³ssc (1,8%); viruta, 342.106 m³ssc (2,0%); y, por último, la corteza alcanza a 1.292.583 m³ (7,5%), completándose un volumen total de **RAE de 5.542.649 m³scc**, correspondiente al 32,2% del volumen (scc) de trozas consumido. La diferencia de 67,8% se distribuye de la siguiente forma: 5.555.154 m³ssc (32,3%) de madera aserrada; 1.915.659 m³ssc (11,1%) de madera elaborada; 4.133.328 m³ssc (24,0%) de astillas; y 58.873 m³ssc (0,4%) de tapas. El equivalente en unidades de peso del **RAE es de 3.253.724 toneladas**.

La disponibilidad y destinos que tienen los residuos obtenidos principalmente son: la comercialización con un 56,6%, seguido del autoconsumo con un 33,8%, y en menor medida, se regala o acumula, con un 5,8% y 3,8% respectivamente. Considerando sólo los residuos que son comercializados, el 60,7% del volumen tiene como destino la industria forestal (plantas de celulosa y tableros), ya sea para la generación de energía o como insumo para nuevos productos.

Índice

1. Introducción	9
2. Objetivos	11
2.1 Objetivo general	11
2.2 Objetivos específicos	11
3. Metodología	13
3.1 Definiciones	13
3.1.1 Industria primaria y tipos de establecimientos	14
3.1.2 Tipos de residuos	20
3.2 Antecedentes del área en estudio	22
3.3 Marco teórico para la cuantificación de los residuos madereros	27
3.4 Factores de rendimiento y proporción de residuos madereros	30
3.4.1 Estudio de casos: Aserraderos	33
3.5 Levantamiento de datos e información	42
3.6 Sistemas de administración de los datos e información	46
4. Análisis de resultados	49
4.1 Número y tipo de aserraderos	49
4.2 Producción de madera aserrada	50
4.3 Distribución de la producción de madera aserrada según especie	54
4.4 Consumo de trozas	54
4.5 Planes de instalación de plantas de cogeneración	56
4.6 Tecnología utilizada en el proceso productivo	57
4.7 Tratamiento antimancha y secado de la madera	58
4.8 Producción de astillas y tapas	61
4.9 Estimación del volumen anual de residuos madereros en aserraderos (RAE)	62
4.9.1 Cuantificación del volumen anual de residuos madereros (RAE)	62
4.9.2 Distribución geográfica de los residuos madereros	67
4.9.3 Distribución regional de los residuos madereros	69
4.9.4 Disponibilidad y destino de los residuos generados en aserraderos	75
5. Resumen de resultados	87
6. Bibliografía	89

7. Anexos	91
Anexo 1: Factores de conversión de unidades de volumen	93
Anexo 2: Distribución de residuos según región	97
Anexo 3: Total residuos por región según tipo de aserradero	101
Anexo 4: Destino de los residuos por región según tipo de aserradero	105
Anexo 5: Destino de los residuos por región según tipo	111
Anexo 6: Distribución de residuos según provincia	115
Anexo 7: Precio promedio de residuos y astillas según región	117

Anexos en CD-ROM adjunto

Anexo 8: Encuesta residuos madereros 2005
Anexo 9: Nómina de aserraderos (universo)
Anexo 10: Consumo anual según provincia y tipo de aserradero
Anexo 11: Producción anual de madera aserrada según provincia y tipo de aserradero
Anexo 12: Residuos según provincia
Anexo 13: Residuos según comuna para aserraderos permanentes
Anexo 14: Consumo anual según comuna para aserraderos permanentes
Anexo 15: Producción anual de madera aserrada y elaborada

1. Introducción

El carácter no renovable de los recursos energéticos más utilizados en Chile, como el petróleo y sus derivados, del que somos fuertemente dependientes, su precio siempre en alza y sus reservas decrecientes, han llevado a pensar a las autoridades y a la sociedad civil que las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) tienen un potencial estratégico de particular importancia para la generación cada vez mayor de energía para el desarrollo. Según información de la Comisión Nacional de Energía (CNE, 2004), la matriz energética nacional tiene un alto componente de suministro externo en el que destaca el petróleo con el 99%, gas natural con un 80% y carbón con un 96%. Sólo la hidroelectricidad y biomasa son fuentes de energía de generación nacional, cuyo peso relativo en la matriz energética es de 17% y 14%, respectivamente.

Las modificaciones legales recientemente introducidas al mercado de la generación eléctrica han traído un cambio importante en las oportunidades de desarrollo de nuevos proyectos de generación de energía en base a recursos renovables, con innovación en las tecnologías de aprovechamiento y con mayores beneficios ambientales para el país. La amplia cartera de proyectos de preinversión que se presenta cada año al concurso de fondos organizado por la Comisión Nacional de Energía (CNE) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), está contribuyendo a impulsar significativamente el emprendimiento y la innovación para la utilización de estas fuentes, y a mejorar la sustentabilidad ambiental del desarrollo energético nacional, como es el plan estratégico definido para el sector.

La biomasa forestal es una de estas ERNC (14% de la matriz energética nacional), y está representada principalmente por la leña cuyo consumo asciende a más de 12 millones de m³ (INFOR, 2004), la mayor parte de este volumen proviene de bosques naturales. Sin embargo, y en grado creciente, los residuos madereros generados por la industria forestal basada en plantaciones forestales están siendo incorporados progresivamente como fuente de abastecimiento para la producción de energía para la propia industria.

En el año 2005, el Instituto Forestal, por encargo de la CNE y la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, desarrolló el estudio ***“Disponibilidad de residuos madereros provenientes de la industria de la madera entre la IX y X Región, para uso energético”***. Este estudio permitió establecer las bases metodológicas para la cuantificación de los residuos de la industria y estructurar una base de datos geográfica de los residuos disponibles en las Provincias de Cautín y Valdivia.

Por su parte, el actual estudio de disponibilidad de residuos madereros, tomando como base el proyecto citado anteriormente, asume la necesidad de enriquecer el banco de datos sobre estos recursos, amplía la zona de trabajo abarcando desde las Regiones de

Coquimbo a la de Magallanes, y focaliza el esfuerzo de captura de datos en la principal generadora de residuos madereros, esto es, la industria forestal primaria, siguiendo los términos de referencia que guiaron la consultoría anterior.

Los términos de referencia acordados en este contrato consideran además en su parte central la obtención de una base nacional de información georreferenciada sobre estas industrias generadoras de residuos, lo que permitirá establecer las áreas de generación y proveer de antecedentes valiosos para la toma de decisión de agentes privados y públicos, en el marco de búsqueda de opciones de diversificación de la matriz energética nacional. El estudio, desarrollado por el Instituto Forestal, está dirigido a recolectar datos del proceso productivo de la industria del aserrío, cuantificar el consumo de trozas y producción de madera aserrada, para finalmente determinar la cantidad y disponibilidad de residuos que se generan en el proceso de transformación primaria de la madera.

Este documento constituye el informe final del contrato de consultoría entre INFOR y CNE, y expone los resultados acerca de la disponibilidad de los residuos madereros provenientes de la industria primaria aprovechables energéticamente, entre las Regiones de Coquimbo y Magallanes, con desagregación a nivel regional y provincial (Anexo 12). Para el caso de los aserraderos permanentes la desagregación de la información se presenta además a nivel comunal (Anexo 13). El análisis de los resultados comprende los siguientes tópicos: 1) la distribución del número de aserraderos por tipo y región; 2) la producción total de madera aserrada por tipo de aserradero, según región; 3) la distribución de la producción de madera aserrada por tipo de aserradero y especie procesada; 4) el consumo total de trozas por tipo de aserradero, según región; 5) distribución porcentual del tipo tecnología empleada en el proceso de transformación, por tipo de aserradero; 6) número de aserraderos que cuentan con tratamientos de la madera (baño anti-mancha y secado), según tipo de aserradero; y 7) estimación del volumen de residuos aprovechables energéticamente (RAE), distribución del volumen por tipo de residuo, según tipo de aserradero; considera, además, el destino de estos residuos y el volumen de corteza producido (libre y adherida a lampazos), según tipo de aserradero.

Conjuntamente con estos resultados, el estudio produce dos sistemas: uno de administración, procesamiento y salida de datos SIDENDRON, y un sistema de acceso usuario para el despliegue geográfico de la información (navegador cartográfico en web) para el área de influencia del proyecto, que permite visualizar la localización de las industrias de transformación primaria y las áreas de concentración en el consumo, producción de madera aserrada y de generación de residuos madereros.

2. Objetivos

El objetivo general y los objetivos específicos de la propuesta se plantean a continuación.

2.1 Objetivo general

Estudiar la disponibilidad de residuos madereros producidos por la industria primaria de la madera y aprovechables energéticamente, entre las Regiones de Coquimbo y Magallanes.

2.2 Objetivos específicos

1. Realizar un levantamiento de información para determinar el volumen de residuos generados por los aserraderos, determinar el destino dado a ellos y evaluar su disponibilidad para un potencial uso energético.
2. Establecer un sistema georreferenciado de empresas/volúmenes de residuos madereros disponibles en el área de influencia analizada, indicando aglomeraciones de alta disponibilidad.
3. Incorporar la disponibilidad de residuos en las estadísticas sectoriales, en el marco de las publicaciones que anualmente realiza el Instituto Forestal (La Industria del aserrío y Estadísticas Forestales).
4. Incorporar el subsistema de residuos en el Sistema Nacional de Información Forestal que lleva el Instituto Forestal, de manera de contar con una actualización de dicha información cada 2 años sobre generación de residuos y su destino.

3. Metodología

La metodología para dar cumplimiento a los objetivos del presente estudio fue elaborada por la unidad de Estudios Económicos y la unidad Industrias del Instituto Forestal (INFOR), la cual consideró el conocimiento y experiencia de estas unidades tanto en el levantamiento de información estadística como en el desarrollo de estudios especializados para la industria primaria de la madera.

Dicha metodología, básicamente, consideró:

- **Definición de términos para efectos del estudio:** Incluyó la definición de los establecimientos a considerar en la industria primaria y la identificación de los diferentes tipos de residuos.
- **Selección del área de influencia:** Se delimitó el área de trabajo para la realización del estudio.
- **Elaboración del marco teórico:** Estableció las bases conceptuales y la identificación de variables para la cuantificación de los residuos madereros.
- **Determinación de factores de rendimiento y proporción de residuos generados por los diferentes tipos de establecimientos:** Etapa que fue abordada a través de revisión bibliográfica, opinión experta y estudios de casos.
- **Aplicación de encuesta sobre generación de residuos madereros:** Realizada en el periodo estival 2006 a establecimientos de la industria primaria, en conjunto con la encuesta que anualmente realiza INFOR para cuantificar a nivel sectorial la producción, consumo y ocupación, entre otras variables.
- **Procesamiento de la información y análisis de resultados:** Realizado en forma de tablas y gráficos.

3.1 Definiciones

Para una mejor comprensión del estudio, las industrias madereras y tipos de establecimientos analizados, como también las variables relacionadas, se definen a continuación.

3.1.1 Industria primaria y tipos de establecimientos

Se considera como:

Industria primaria de la madera: Aquella que realiza la primera transformación de la troza o rollizo. En esta categoría se encuentran los aserraderos, plantas de celulosa, plantas de tableros, fábricas de embalajes y plantas astilladoras.

Para fines del estudio, se considera como generadores de residuos madereros con potencial energético, los establecimientos de aserrío o aserraderos. Las plantas de celulosa y tableros son primordialmente demandantes de residuos, ya sea para sus procesos productivos o para satisfacer necesidades energéticas.

Los aserraderos se clasifican en dos tipos:

Aserraderos móviles: Corresponde a unidades muy básicas, compuestas por un banco con una sierra circular simple o sierra huincha horizontal, que cumple la función de aserrar y partir. La fuerza motriz es dada por un motor estacionario, generalmente diesel. Su característica principal es que su estructura transportable le permite instalarse cercano o en el bosque.

Estas unidades según el tipo de sierra que poseen, se clasifican para el estudio en:

- **Aserradero móvil tradicional:** Utilizan una sierra circular simple, generalmente de diente postizo, lo que confiere un ancho de corte de $\frac{1}{4}$ de pulgada (7 mm), generando gran cantidad de residuos madereros entre lampazos y aserrín (Figura 1).

Figura 1: Vista general de un aserradero móvil tradicional



- **Aserradero móvil portátil:** Corresponde a una generación de aserraderos que surgió en el mercado en los '90. Su principal característica es que están montados sobre un carro lo que permite su desplazamiento entre sitios de operación sin ser desarmado. Utiliza una sierra huincha horizontal de 1mm de espesor, que permite obtener cortes delgados, con mejor rendimiento en madera aserrada que el anterior, y por tanto, menor cantidad de lampazos y aserrín (Figura 2).

Figura 2: Aserradero portátil Wood-Mizer



- **Aserraderos permanentes:** Corresponde a unidades más complejas localizadas en un mismo lugar físico. Los procesos pueden ir desde la producción de madera aserrada, hasta su secado artificial y elaboración posterior para obtener productos con mayor valor agregado.

En estos aserraderos la máquina principal (que realiza los primeros cortes a la troza) puede ser: sierra circular simple (CS), sierra circular doble (CD), sierra huincha vertical u horizontal (HV, HH), o bien sierra huincha paralela (HP). La sierra partidora (que parte la madera en piezas de diferente ancho y espesor) puede ser: huincha vertical, sierra circular simple o sierra circular múltiple; la canteadora (que remueve los cantos con corteza o “cantos muertos” y/o genera piezas de menores escuadrías) puede ser: huincha vertical, sierra circular simple o múltiple; y la despuntadora o trozadora (que dimensiona en largo las piezas) (Figuras 3 a 6).

Figura 3: Sierra circular simple



Figura 4: Sierra huincha vertical



Figura 5: Canteadora



Figura 6: Despuntadora



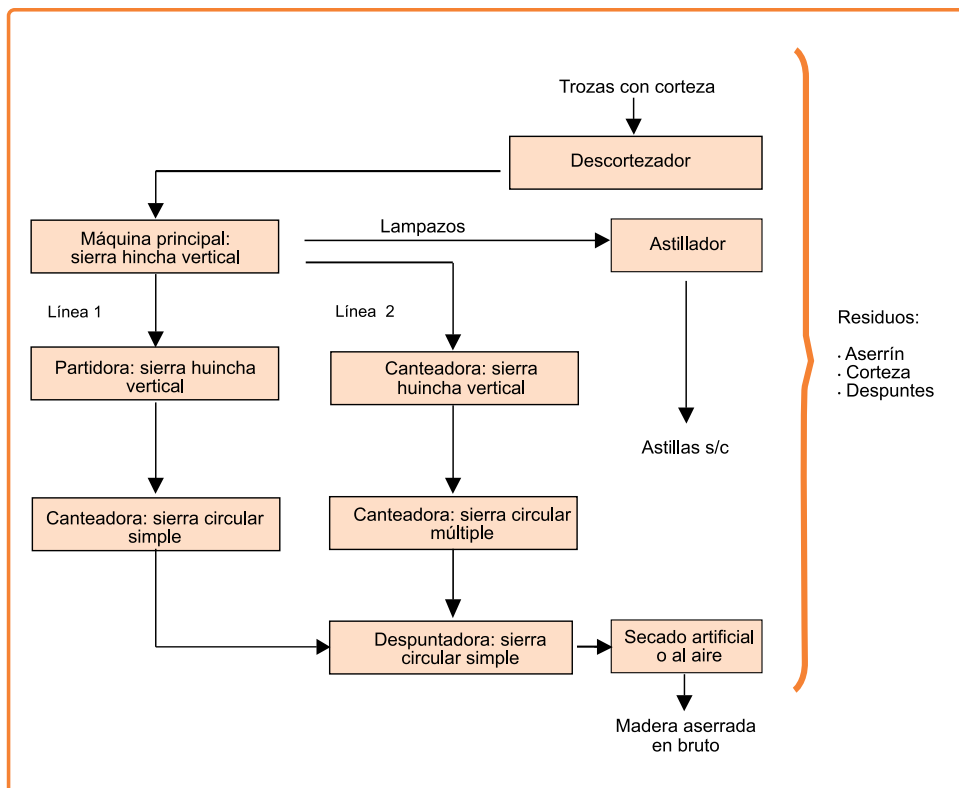
Dependiendo de los procesos realizados, las unidades de tipo permanente se han clasificado para efectos del estudio en:

- **Aserradero permanente tradicional:** Producen madera aserrada en bruto (sin cepillar), ya sea “verde” o seca (generalmente al aire), en basas¹, cuartones² o escuadrías menores (dimensionada). Como remanente del proceso se obtienen como residuos: lampazos, aserrín y despuntes. En la Figura 7 se presenta el layout de un aserradero de este tipo, el que utiliza como máquina principal una sierra huincha vertical (HV); dicho aserradero puede poseer descortezador (para descortezar las trozas previo a su aserrado) y astillador (para astillar los lampazos y obtener así astillas sin corteza como subproducto, quedando como residuo la corteza).

1 Basas: Pieza de madera de gran escuadría (sobre 10 x 10 pulgadas) obtenida de la máquina principal y que posee caras planas y a escuadra.

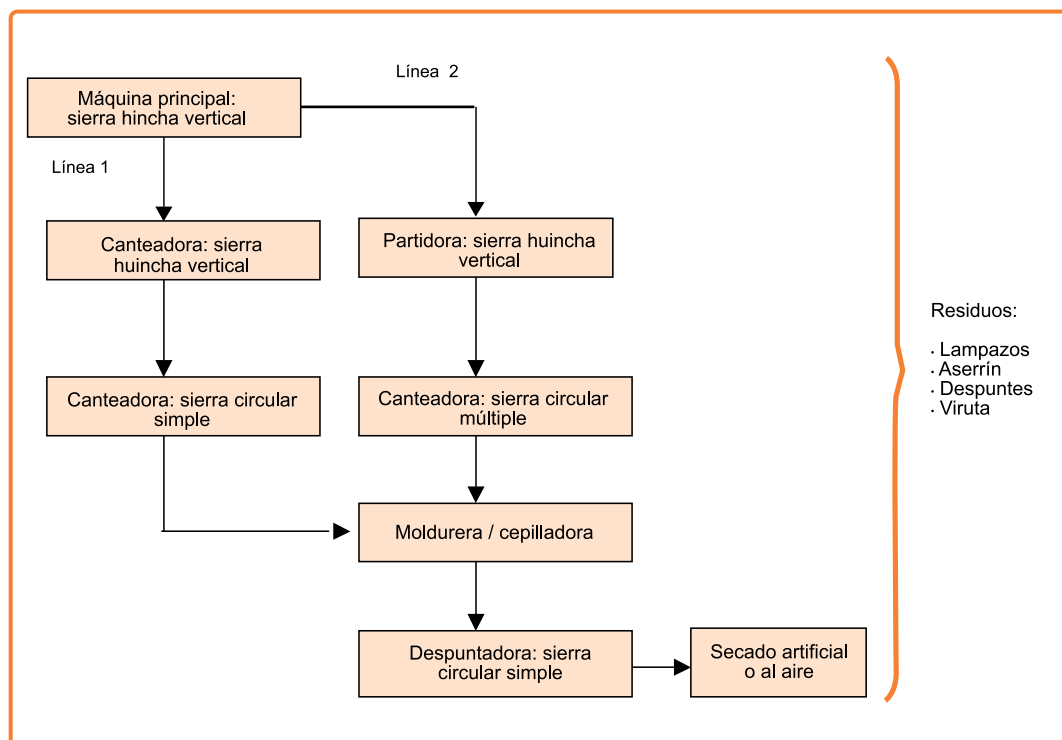
2 Cuartones: Pieza de madera de ancho y espesor sobre 2 y 6 pulgadas, respectivamente; con caras planas y a escuadra.

Figura 7: Layout de un aserradero permanente tradicional con sierra huincha vertical como máquina principal, con descortezador y astillador



• **Aserradero permanente con elaboración:** En estos aserraderos parte o toda la madera aserrada producida es dimensionada y cepillada en 1 o sus 4 caras, teniendo como destino la producción de tablas de piso, cielo, revestimientos y otros, en general madera de uso para la construcción. La Figura 8 presenta un lay-out de este tipo de aserradero, también utilizando como máquina principal una sierra huincha vertical. Difiere del anterior que agrega a su línea de producción una moldurera-cepilladora que le permite obtener madera con un grado de elaboración. Puede poseer descortezador y astillador. Los residuos generados son los mismos que en el tipo anterior, agregándose viruta.

Figura 8: Layout aserradero permanente con elaboración, máquina principal, sierra huincha vertical, sin descortezador y astillador



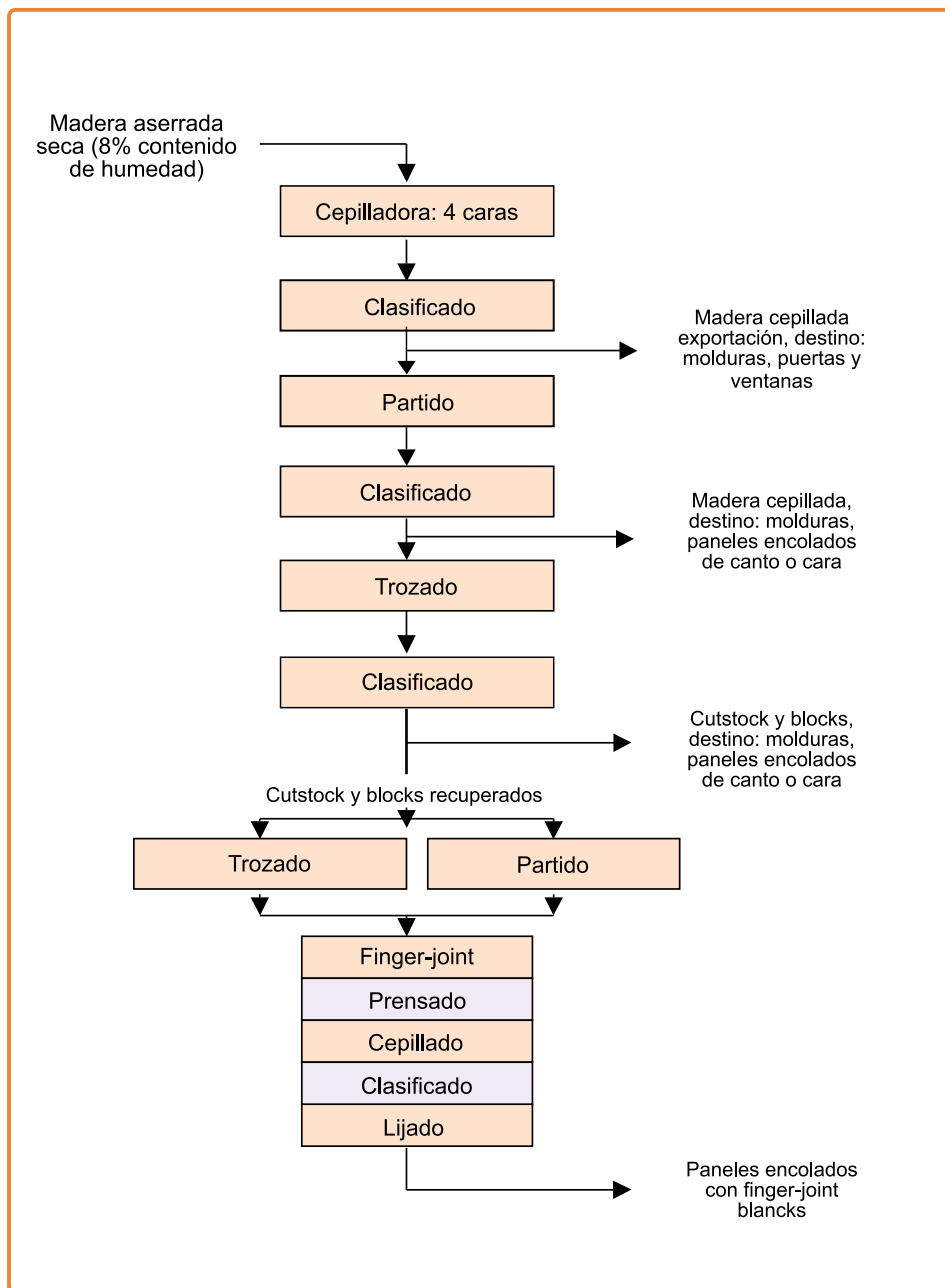
- **Aserradero permanente con remanufacturas:** En estos aserraderos se llega con todo o parte de la producción de madera aserrada a productos finales más elaborados, tales como molduras y tableros listoneados con finger-joint³, pasando por cutstock⁴, blocks⁵ o blanks⁶. Todo lo cual exige secado en cámara y una clasificación de la madera más estricta. La Figura 9 presenta el layout de un aserradero con línea de remanufacturas. La producción de madera aserrada puede ser similar a los casos anteriores. Puede poseer descortezador y astillador. Los residuos son equivalentes a los casos anteriores, agregándose polvo de lija. La cantidad de residuos aumenta respecto al tipo de aserradero anterior.

3 Finger-joint: Sistema de unión dentada que permite ensamblar piezas de madera.

4 Cutstock: Madera sin nudos, seca y cepillada, de diferentes medidas y largo mínimo de 50 cm. Se utiliza para construcción, muebles, puertas y ventanas.

5 Blocks: Similares a los cutstock pero de dimensiones menores.

6 Blanks: Piezas de madera formadas por la unión finger de blocks. De diversas medidas y largo hasta 5 m.

Figura 9: Layout aserradero permanente con línea de remanufacturas

3.1.2 Tipos de residuos

Los residuos generados en aserraderos corresponden a:

- **Corteza:** Capa externa de la madera rolliza. Se obtiene en aserraderos que poseen descortezadores, quedando la corteza como residuo maderero (Figura 10). En los aserraderos que no disponen de esta tecnología, la corteza forma parte de los lampazos.
- **Lampazos:** Corresponden a secciones laterales de la troza obtenidos en el proceso de aserrío. Se caracterizan por tener una cara limpia (libre de corteza). En aserraderos que poseen descortezador y astillador los lampazos son reducidos a astillas sin corteza, las que se comercializan a la industria de tableros, celulosa u otras (Figura 11).
- **Aserrín:** Conjunto de partículas de tamaño pequeño obtenido en el proceso de aserrado y dimensionado de la madera (Figura 12).
- **Viruta:** Cinta delgada de espesor variable en dirección de la fibra, obtenida por medio del cepillado de piezas de madera; se obtiene en aserraderos con elaboración y remanufacturas (Figura 13).
- **Despunte:** Residuos de tamaño variable provenientes de secciones terminales de piezas y que resultan del proceso de dimensionado en largo de la madera (Figura 14). En la mayor parte de los aserraderos se producen muy pocos despuntes, y más bien estos corresponden al margen de tolerancia en longitud con el que vienen los trozos (generalmente 2-3 cm), lo que en general es difícil de cuantificar porque las empresas registran el volumen de trozas efectivo (no se paga por esta sobredimensión).

Figura 10: Corteza



Figura 11: Lampazo



Figura 12: Aserrín



Figura 13: Viruta



Figura 14: Despunte



En aserraderos algunos residuos han dejado de considerarse como tales, pasando a ser con el tiempo subproductos, dado que se orientan a un mercado formal, específico, con precios estables conocidos, transándose en condiciones competitivas. Estos subproductos que los aserraderos generan son:

- **Astillas sin corteza:** Consistentes en pequeñas piezas de madera de sección cuadrada o rectangular, con su longitud paralela al grano o fibra de la madera, de un tamaño a lo menos 4 veces su espesor (largo entre 10 a 30 mm), picadas por un astillador (Figura 15) y que se obtienen principalmente de los lampazos sin corteza.
- **Tapas:** Corresponde a secciones laterales del tronco, caracterizados por tener dos caras limpias (libres de corteza). Actualmente, en la mayor parte de los aserraderos, estas piezas son canteadas para remover los cantos con corteza (canto muerto) y reprocesadas, incorporándose al volumen de madera aserrada. Si esto no ocurre, son comercializadas a barracas u otros para su utilización (Figura 16).

Figura 15: Astillas sin corteza



Figura 16: Tapa



3.2 Antecedentes del área en estudio

Chile cuenta actualmente con una superficie de recursos forestales de 15,6 millones de hectáreas: 13,5 millones de hectáreas de bosques naturales (86%) y 2,1 millones de hectáreas de plantaciones forestales (14%). La casi totalidad de este patrimonio forestal (99,9%) se localiza entre las Regiones de Coquimbo y Magallanes, área de influencia del estudio.

Sobre las plantaciones forestales, sin embargo, descansa mayoritariamente la industria forestal, siendo pino radiata la principal especie (más de 1,4 millones de ha, casi el 68% de este recurso forestal), secundada por plantaciones de eucalipto (aprox. 490.000 hectáreas, 23,5%). Estas plantaciones abastecen principalmente dos industrias, celulosa y madera aserrada. En esta última, del total producido de madera aserrada (8,01 millones de m³, INFOR, 2004), el 96,7% corresponde a madera de pino radiata.

Parte importante de los recursos leñosos con que dispone el país se pierde en la forma de residuos, en toda la cadena de producción, desde las faenas de cosecha de bosques hasta la industria transformadora. Sin embargo, las tecnologías de cosecha tienden a dejar cada vez menos material leñoso en el bosque y la mayor proporción de estos residuos forestales se generan en los establecimientos de transformación industrial de la madera, dando origen a los denominados residuos madereros, de los cuales no existía hasta hoy información respecto a su cuantía y áreas de generación.

La industria del aserrío es el principal rubro consumidor de madera en trozas en el país con 15,5 millones m³ ssc al año (Tabla 1) y con un crecimiento muy dinámico en las últimas décadas.

Observando la concentración geográfica del consumo, se deduce naturalmente que un número muy significativo de industrias del aserrío se localiza entre las Regiones del Maule y de Los Lagos, con más del 80% de los aserraderos calificados como permanentes. Algo similar también ocurre con los aserraderos del tipo móviles; sin embargo, en este caso, estas unidades productivas tienen un peso más significativo en regiones en las que el recurso forestal nativo tiene mayor importancia, como son las Regiones de la Araucanía y Aysén, en donde funcionan aproximadamente el 60% de estas unidades.

Tabla 1:
Consumo anual de trozas en la industria del aserrío. Regiones de Coquimbo a Magallanes, año 2004

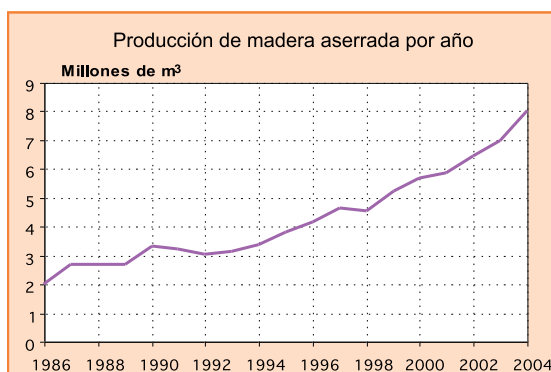
Región	Consumo (m ³ ssc)				Total
	Pino radiata	Eucalipto	Nativas	Otras exóticas	
IV		627			627
V	58.336			885	59.221
RM	340			885	1.225
VI	380.173	424		53.617	434.214
VII	2.564.381		9.489	610	2.574.480
VIII	9.585.273	28	15.171	9.972	9.610.444
IX	1.295.541	10.208	62.033	40.965	1.408.747
X	1.026.624	31	161.792	61.007	1.249.454
XI	275		49.475	1.042	50.792
XII			120.568		120.568
Total	14.910.943	11.318	418.528	168.983	15.509.772

Fuente: INFOR, 2005

Respecto de la producción de madera aserrada en el año 2004, ésta superó los 8 millones de metros cúbicos, con una tasa de crecimiento anual de 8,4% en los últimos 10 años (Tabla 2). Esta industria, a nivel global, tiene una eficiencia de un 58% en la conversión de trozas (rendimiento), lo que viene dado principalmente por la contribución de los grandes aserraderos que poseen actualmente moderna tecnología. Estos mismos aserraderos, más algunas unidades de tamaño medio, han incorporado en el último tiempo líneas de astillado y de remanufacturas a sus aserraderos (lo que incluye instalación de unidades de secado industrial) para obtener productos con mayor valor agregado y subproductos como astillas. Por ende, la cantidad de residuos potencialmente disponible para uso energético, no se corresponde con el 42% que quedaría como remanente del volumen de trozas que entra a la industria y con el volumen de madera aserrada que sale de acuerdo al rendimiento, lo que justifica su cuantificación en el presente estudio.

Tabla 2: Producción de madera aserrada en Chile*. 1986-2004

Producción de madera aserrada			
año	miles de m ³	año	miles de m ³
1986	2.026,0	1996	4.140,0
1987	2.677,1	1997	4.661,3
1988	2.710,3	1998	4.550,7
1989	2.680,8	1999	5.253,7
1990	3.326,9	2000	5.698,1
1991	3.217,5	2001	5.872,0
1992	3.019,1	2002	6.438,9
1993	3.112,9	2003	7.004,5
1994	3.364,5	2004	8.014,8
1995	3.801,8		



*Incluye aserraderos presentes desde la Región de Coquimbo a Magallanes.

Fuente: INFOR, 2005

En contraste con el incremento en la producción de madera aserrada, el número de unidades productivas ha ido disminuyendo en los últimos años, principalmente por obsolescencia tecnológica y condiciones de mercado (necesidad de economías de escala y sostenibilidad en el abastecimiento), lo que se evidencia además por el hecho que, de los 1.283 aserraderos existentes al año 2004, sólo 914 estaban operativos a principios de 2006. De aquellos trabajando, 349 son de tipo permanente y 565 son móviles (ver Tabla 3).

Tabla 3:
Número de aserraderos según tipo (1995-2004)

Año	Total	Total		Permanentes		Móviles	
		Trabajando	Paralizados	Trabajando	Paralizados	Trabajando	Paralizados
1995	1.564	1.118	446	320	50	798	396
1996	1.575	1.105	470	312	67	793	403
1997	1.570	1.077	493	326	69	751	424
1998	1.545	1.034	511	317	79	717	432
1999	1.519	982	537	330	76	652	461
2000	1.451	987	464	330	84	657	380
2001	1.410	935	475	312	95	623	380
2002	1.312	892	420	323	67	569	353
2003	1.268	884	384	322	48	562	336
2004	1.283	914	369	349	41	565	328

Fuente INFOR: 2005

La mayor parte de los aserraderos paralizados son unidades móviles de las Regiones de la Araucanía, de Los Ríos y de Los Lagos (Tabla 4), lo que se debe a que gran parte de estas unidades (sino todas) operan con maderas nativas, las que por el agotamiento de las fuentes de abastecimiento han quedado fuera del circuito de producción, siendo poco razonable económicamente utilizar la tecnología de aserrado en especies de rápido crecimiento (de menor densidad y tamaño), puesto que el rendimiento sería muy bajo y los costos de producción más altos.

Tabla 4:
Número de aserraderos por región, según tipo y situación de trabajo (al año 2004)

Tipo y situación de trabajo	Total	Número de aserraderos por región									
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R.M.
Total	1.283	3	21	61	127	303	253	426	56	31	2
Trabajando	914	1	15	54	94	256	167	248	51	26	2
Paralizados	369	2	6	7	33	47	86	178	5	5	-
Permanentes	390	3	11	15	57	119	48	92	18	27	-
Trabajando	349	1	10	15	54	111	46	74	16	22	-
Paralizados	41	2	1	-	3	8	2	18	2	5	-
Móviles	893	-	10	46	70	184	205	334	38	4	2
Trabajando	565	-	5	39	40	145	121	174	35	4	2
Paralizados	328	-	5	7	30	39	84	160	3	-	-

Fuente: INFOR 2005

La Tabla 5 muestra cómo la producción de madera aserrada se ha ido concentrando en los aserraderos de mayor tamaño en los últimos años en desmedro de los más pequeños, otrora los principales abastecedores del mercado. De aquí que tanto la producción como el volumen de residuos madereros que ella genera se concentren también en los aserraderos más grandes.

Tabla 5:
Trayectoria de la producción de madera aserrada, según rango de producción (m³)

Rango de producción	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Total	4.550.737	5.253.668	5.698.114	5.872.017	6.438.855	7.004.473	8.014.812
> 50.000	2.383.325	2.838.721	3.339.973	3.809.894	4.335.941	4.849.628	5.412.900
20.001 - 50.000	671.338	824.835	833.010	539.070	737.981	778.138	990.942
10.001 - 20.000	425.673	544.887	404.657	468.402	351.899	429.501	583.924
5.001 - 10.000	284.489	345.048	403.668	383.483	404.508	393.402	455.989
≤ 5.000	785.912	682.177	716.806	671.168	608.526	553.804	571.057

Fuente: INFOR 2005

La producción de madera aserrada está altamente concentrada, en correspondencia con la ubicación de los mayores aserraderos del país. Es así como la Región del Bío-Bío concentra el 63% de la producción nacional, seguida por la Región del Maule, con un 16%, y mucho más atrás las Regiones de Los Ríos y de Los Lagos y de la Araucanía, con un 9% y 8%, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6: Producción de madera aserrada por región,
según tipo de aserradero y rango de producción (año 2004)

Tipo de aserradero y rango de producción	Total	Producción de madera aserrada por región (m³)									
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R.M.
Total	8.014.812	300	28.363	203.575	1.285.936	5.053.564	674.314	696.244	23.544	48.415	557
(%)	100,0	0,0	0,4	2,5	16,0	63,0	8,4	8,8	0,3	0,6	0,0
Permanentes	7.664.278	300	26.259	126.019	1.206.775	4.969.721	617.526	652.487	17.993	47.198	-
> 50.000	5.412.900	-	-	72.000	602.293	3.983.270	346.440	408.897	-	-	-
20.001 - 50.000	990.942	-	-	-	304.146	460.768	109.028	117.000	-	-	-
10.001 - 20.000	583.924	-	10.472	12.371	153.887	242.768	95.521	50.672	-	18.233	-
5.001 - 10.000	402.574	-	-	26.392	122.367	192.238	28.568	13.361	7.714	11.934	-
≤ 5.000	273.938	300	15.787	15.256	24.082	90.677	37.969	62.557	10.279	17.031	-
Móviles	350.534	-	2.104	77.556	79.161	83.843	56.788	43.757	5.551	1.217	557
5.001 - 10.000	53.415	-	-	35.715	10.277	7.423	-	-	-	-	-
3.001 - 5.000	48.064	-	-	7.217	23.690	9.940	7.217	-	-	-	-
1.001 - 3.000	138.223	-	-	29.484	38.045	42.906	15.071	12.717	-	-	-
≤ 1.000	110.832	-	2.104	5.140	7.149	23.574	34.500	31.040	5.551	1.217	557

Fuente: INFOR 2005

Tabla 7: Producción de madera aserrada por región, según tipo de aserradero y especies principales (año 2004)

Tipo de aserradero y especies principales	Total (m³)	Producción de madera aserrada por región (m³)									
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R.M.
Total	8.014.812	300	28.363	203.575	1.285.936	5.053.564	674.314	696.244	23.544	48.415	557
Pino radiata	7.753.692	-	27.961	178.740	1.281.338	5.042.817	624.546	598.004	131	-	155
Nativas	176.831	-	-	-	4.313	6.082	25.746	69.341	22.934	48.415	-
Otras exóticas	84.289	300	402	24.835	285	4.665	24.022	28.899	479	-	402
Permanentes	7.664.278	300	26.259	126.019	1.206.775	4.969.721	617.526	652.487	17.993	47.198	0
Pino radiata	7.497.865	-	26.259	118.701	1.202.299	4.967.229	594.526	588.720	131	-	-
Nativas	117.873	-	-	-	4.313	127	7.768	40.711	17.756	47.198	-
Otras exóticas	48.540	300	-	7.318	163	2.365	15.232	23.056	106	-	-
Móviles	350.534	-	2.104	77.556	79.161	83.843	56.788	43.757	5.551	1.217	557
Pino radiata	255.827	-	1.702	60.039	79.039	75.588	30.020	9.284	-	-	155
Nativas	58.958	-	-	-	-	5.955	17.978	28.630	5.178	1.217	-
Otras exóticas	35.749	-	402	17.517	122	2.300	8.790	5.843	373	-	402

Fuente: INFOR 2005

De la Tabla 7 se concluye finalmente que, aproximadamente el 96% del total de la producción de madera aserrada se concentra entre las Regiones del Maule y de Los Lagos, lo que guarda relación con la distribución de las plantaciones industriales existentes en el país, en las que la especie pino radiata tiene un rol preponderante, superando por mucho a especies nativas y a otras exóticas (eucalipto, pino oregón, entre otras). Por otro lado, si examinamos sólo la producción de madera de especies nativas, esta actividad se concentra principalmente entre las Regiones de la Araucanía y de Magallanes, con el 94% de la producción, lo que va en correspondencia con la mayor existencia de bosques naturales en estas regiones.

3.3 Marco teórico para la cuantificación de los residuos madereros

Para efectos del estudio se ha definido como “residuos con potencial de utilización energética” (**Residuos Aprovechables Energéticamente, RAE**), aquellos que quedan disponibles luego que de la materia prima (trozas con corteza en aserraderos; o madera aserrada en establecimientos elaboradores) se ha obtenido el producto principal y los subproductos.

De acuerdo a lo anterior, el cálculo del RAE en aserraderos queda definido por la siguiente expresión (1.0):

$$\text{RAE} = V_{cc} - P - S \quad (1.0)$$

donde:

- RAE = Residuos Aprovechables Energéticamente (m³ scc)
 $V_{c/c}$ = Volumen de trozas, en metros cúbicos sólidos con corteza (m³ scc)
 P = Volumen del producto principal, madera aserrada (m³ ssc)
 S = Volumen de subproductos (m³ ssc)

Cabe señalar que en los aserraderos medianos y pequeños el volumen de trozas con corteza consumido no es registrado en los inventarios. Esto, porque por lo general en estos aserraderos se compran las trozas en referencia a la madera aserrada que se va a obtener (en pulgadas de madera⁷), por tanto para ellos el volumen comprado es prácticamente similar a lo obtenido en producción. En los aserraderos grandes, en cambio, se registra el volumen de trozas, sin embargo, corresponde al volumen de trozas sin corteza (porque no se paga por la corteza), por tanto la corteza debe ser calculada en forma adicional mediante factor, agregándola al volumen de trozas sin corteza.

Cualquiera sea el aserradero, existe una relación entre el volumen de trozas sin corteza y el volumen de madera aserrada, relación que se denomina rendimiento (expresado en %). El rendimiento en los aserraderos es afectado por una serie de factores, entre los cuales cabe mencionar la especie procesada, las características y calidad de las trozas (diámetro, curvatura, conicidad, presencia de daños físicos y estado sanitario) y la tecnología utilizada. De aquí que los aserraderos grandes ponen especial énfasis en las características y calidad de las trozas, privilegiando la homogeneidad de la materia prima y pagando, cuando se compra a terceros, de acuerdo a una tabla diferenciada de precios según calidad. En líneas generales el rendimiento en los aserraderos del país puede variar (normalmente) entre un 45% y un 56%. En el presente estudio se determinaron rendimientos para aserraderos de los distintos tipos, dependiendo de la sierra de entrada principal empleada, lo cual fue llevado a cabo tomando en cuenta antecedentes bibliográficos, la realización de estudios *in situ* y mediante consulta a expertos.

Utilizando los rendimientos determinados, se calculó el volumen de trozas sin corteza (V_{sc}) consumido por los aserraderos medianos y pequeños, de acuerdo a la expresión (1.1). En tanto que en los aserraderos grandes fue utilizado el volumen sin corteza informado por las propias empresas en las encuestas realizadas.

7 Una pulgada pinera o corta (pino radiata) de madera equivale a 0,0206 m³, y una pulgada maderera (maderas nativas), a 0,0236 m³.

$$V_{sc} = P / r \quad (1.1)$$

donde:

V_{sc} = Volumen de trozas (m^3 ssc)
 P = Producción de madera aserrada (m^3 ssc)
 r = Rendimiento (%), de acuerdo al tipo de aserradero y máquina principal empleada⁸

El volumen de trozos con corteza (V_{cc}), por ende, se obtiene de acuerdo a la expresión (1.2):

$$V_{cc} = V_{sc} + C \quad (1.2)$$

donde:

C = Volumen de corteza (m^3)

Cabe indicar que el volumen de corteza varía dependiendo de la especie, del diámetro de las trozas y de la edad, sin dejar de mencionar otros importantes factores genéticos, las condiciones de manejo de las plantaciones y la calidad de sitio. De acuerdo a la literatura, el volumen de corteza en promedio fluctúa entre 10% y 20% del volumen de la troza sin descortezar para muchas especies (Husch et al., 1972). La corteza en pino radiata varía entre un 10% y 11,5% (del volumen con corteza) para un fuste medido desde los 30 cm desde el suelo y hasta el ápice; y de un 12,3% a 18,7% desde los mismos 30 cm hasta un 25% de la altura del fuste⁹ (Fundación Chile, 1983). Sin embargo, producto de la mejora genética, de las condiciones de sitio y del manejo forestal a la que son sometidas estas plantaciones industriales, este porcentaje se ha reducido de manera importante. Esto fue constatado en consultas directas a encargados de aserraderos de grandes empresas, y con muestreo directo en cancha de trozas de aserraderos medianos y grandes. Se procedió a ajustar los datos, y posteriormente se elaboró la tabla de factor de corteza (Tabla 8).

En este estudio el volumen de corteza se calcula empleando un recurso común en la mensura forestal, cual es el usar un factor de porcentaje de corteza (factor de corteza) dependiendo del rango de diámetro de las trozas. Para tal efecto en la encuesta de aserraderos se consultó respecto de la distribución porcentual de los diámetros de trozas que ingresan a la industria, ordenados según las clases de diámetro dispuestas en la Tabla 8. De esta forma el cálculo del volumen de corteza, de acuerdo a la distribución porcentual del tamaño de las trozas, queda determinado por la expresión (1.3):

⁸ Ver capítulo 3.4

⁹ Lo que equivale a las 2 primeras trozas de un árbol

$$C = \sum_{i=1}^4 (V_{ssc} * p_i * f_{di}) \quad (1.3)$$

donde:

- C** = Volumen de corteza (m³)
V_{ssc} = Volumen de consumo de trozas (m³ ssc)
p = Porcentaje según distribución diamétrica de trozas que ingresan a aserradero (/100)
f_{di} = Factor de corteza para el rango de diámetro de troza i
i = Rango de diámetro de troza i

Tabla 8: Factor de corteza (pino radiata)

N° de rango (i)	Rango de clases de diámetro de troza (*)	Factor (f)
1	< 20	0,0719
2	20 – 24	0,0780
3	26 – 30	0,0827
4	> 30	0,0910

(*) Según Norma Cubicación JAS, diámetros se aproximan al par inferior.

3.4 Factores de rendimiento y proporción de residuos madereros

En términos generales se utilizaron los factores de rendimiento y proporción de residuos madereros según tipo de aserradero determinados para la consultoría anterior, los que se basan en la sierra principal utilizada para aserrar. En unidades productivas cuya máquina principal no correspondía a las señaladas en tabla, se procedió a incluirlas para registrar su existencia y se le determinaron nuevos factores, recurriendo para ello a opinión experta y a la propia información aportada por el propio aserradero. Esta situación se presentó en unidades móviles no tradicionales, como es el caso de los aserraderos cuya máquina principal es una sierra cadena (estos casos son comunes en la Región de Aysén).

El rendimiento de los aserraderos se ve afectado por una serie de factores, entre los principales están, el tipo de sierra utilizada, la especie, la curvatura, conicidad y diámetro de las trozas, sin dejar de mencionar un importante elemento que es la mantención de las sierras. El tipo de sierra principal de los aserraderos determina el ancho de corte; a mayor ancho de corte, menor será el rendimiento en madera aserrada. En los establecimientos elaboradores el rendimiento está en función del o de los productos fabricados.

En cuanto a los residuos madereros generados tanto en los aserraderos como en los establecimientos elaboradores, su cantidad depende del rendimiento en producto final obtenido, es decir, de la relación insumo/producto.

En el país, no existen muchos estudios sobre rendimiento en aserraderos y los que se han realizado son bastante antiguos. Uno de éstos fue llevado a cabo por INFOR en 1965 (Wettling y Planas, 1965), el cual abarcó una serie de aserraderos de distinta tecnología en esos años, ubicados entre la provincia de Maule (Región del Maule) y Llanquihue (Región de Los Lagos), y que incluían la utilización de especies nativas y pino radiata. Dicho estudio efectuó un análisis cuantitativo del aprovechamiento de las trozas procesadas, para evaluar el porcentaje de madera aserrada y residuos.

Los resultados de ese estudio (Tabla 9), que se estiman vigentes por cuanto muchas de esas unidades aún están en servicio, indicaron un rendimiento en madera aserrada entre 48,9% y 53% (sobre el volumen cúbico de trozas sin corteza) en aserraderos con sierra circular simple (CS), correspondiendo el rendimiento más bajo al utilizar pino radiata, y el más alto al aserrar especies nativas (por sus mayores diámetros), influyendo también en el mayor rendimiento el uso combinado de sierra huincha para partir la madera. La utilización de sierra huincha como máquina principal mejoró el rendimiento, alcanzando un 60,3% (en el procesamiento de maderas nativas).

En cuanto a los residuos, en general los lampazos fluctuaron entre un 18,2% y un 25,8%, y el aserrín entre un 20% y 24%; prácticamente no se registró producción de tapas porque éstas eran reprocesadas para madera aserrada.

Tabla 9: Antecedentes bibliográficos de rendimiento y proporción de residuos en aserraderos (sobre volumen de trozos sin corteza), según la especie y tecnología utilizada

Tecnología utilizada			
Sierra principal	CS	CS	HV
Sierra partidora	-	HV	HV
Especie	Pino radiata	Nativas	Nativas
Madera aserrada	48,9%	53%	60,3%
Lampazos	25,8%	23%	18,2%
Tapas	5,3%	-	-
Aserrín	20,0%	24%	21,5%

CS= Circular simple; HV= Huincha vertical. Fuente: Wettling y Planas (INFOR,1965)

La conclusión de aquel estudio fue que el rendimiento era más bajo en comparación con el rendimiento teórico indicado por la Regla Maderera Internacional de $\frac{1}{4}$ "¹⁰, y también en comparación con los rendimientos obtenidos en aserraderos de Estados Unidos y otros países de tradición forestal¹¹.

10 Esta regla permite establecer el volumen que se obtiene al aserrar trozas en tablas de una pulgada de espesor nominal. Para su empleo se utiliza el diámetro menor de la troza (en pulgadas) y el largo de la troza (en pies). Se aplica a madera seca con contracción de $\frac{1}{16}$ " por cada tabla de 1" de espesor y sierras con borde dentado de $\frac{1}{4}$ " (ancho de corte), o bien para madera verde y sierras de $\frac{5}{16}$ " de ancho de corte en su borde dentado.

11 Las cifras de rendimiento en el estudio de INFOR de 1965 estuvieron afectadas por la proporción de madera aserrada en grandes escuadrías (en espesores de 2 a 3"); en espesores de 1" el rendimiento disminuye, aumentando la brecha con respecto al rendimiento teórico esperado.

Las principales razones indicadas por los autores a este hecho fueron: la mala organización de los aserraderos, el mal estado de las herramientas de corte, el corte grueso e irregular de la sierra y su inadecuado afilado y tensionado, lo que produce mayor cantidad de aserrín (la producción de aserrín en buenos sistemas no supera el 14% del volumen de trozas sin corteza); problemas que actualmente siguen siendo válidos y explican los bajos rendimientos en madera aserrada que se obtienen.

Otro estudio, realizado también en Chile por Stolzenbach (1973)¹², con la finalidad de comparar el rendimiento de trozas de pino radiata en distintos tipos de aserraderos, estableció los siguientes rendimientos en madera aserrada:

Aserradero con sierra huincha doble corte ¹³	:	57,8%
Sierra circular doble	:	55,6%
Sierra alternativa múltiple	:	60,6%

Dichos rendimientos, contrariamente a los casos expuestos anteriormente, estuvieron por sobre lo indicado en la Regla Maderera Internacional de $\frac{1}{4}$ ", debido a la baja conicidad de las trozas y las mayores escuadrías (1 a 2" de espesor).

Como conclusión, este estudio arrojó que el rendimiento en madera aserrada se relaciona directamente con el tamaño de los trozos, incrementándose a medida que aumenta el diámetro de las trozas, disminuyendo así el sobre-rendimiento con respecto a la Regla Maderera Internacional $\frac{1}{4}$ " (los valores de rendimiento señalados por Stolzenbach fueron válidos para trozos de 12" de diámetro, aumentando el rendimiento por sobre este diámetro y viceversa).

En cuanto a los residuos, el estudio de Stolzenbach dio como resultado para sierra alternativa, las siguientes cifras:

	Clase diamétrica de los trozos		
	8"	12"	16"
Rendimiento en madera aserrada	59,1%	60,5%	62,3%
Lampazos	29,2%	28,7%	27,3%
Aserrín	11,8%	10,9%	10,4%

La tabla anterior confirma que a medida que aumenta el diámetro de los trozos aumenta el rendimiento y disminuyen las pérdidas por residuos, manteniéndose prácticamente constante la proporción entre lampazos y aserrín.

¹² Stolzenbach, C. 1973. Comparación del rendimiento de trozas de pino insignie aserradas en distintos tipos de aserraderos. Tesis. Universidad Austral de Chile.

¹³ En combinación con sierra circular doble para el procesamiento de trozas pequeñas (< a 12").

De ambos estudios se concluye que el rendimiento esperado está influenciado por diferentes factores, lo que varía de un establecimiento a otro. En cualquier caso son frecuentes los problemas de organización del trabajo y deficiente mantención de las sierras, lo que conlleva a que los rendimientos continúen siendo bajos a pesar del paso del tiempo.

3.4.1 Estudio de casos: Aserraderos

Dada la pertinencia con este estudio de nivel nacional, en esta sección se vuelven a citar in extenso los antecedentes sobre rendimientos en aserraderos recogidos con ocasión de la realización del estudio de disponibilidad de residuos madereros en las Regiones de la Araucanía y de Los Ríos (Provincias de Cautín y Valdivia) (INFOR/CNE, 2005). Se recordará que su finalidad fue el verificar o replantear los factores de rendimiento citados desde las fuentes bibliográficas, en base a cinco evaluaciones *in situ* en diferentes tipos de aserraderos. En esa ocasión se elaboró una base de datos con los antecedentes disponibles del año 2003 sobre los aserraderos localizados en las comunas seleccionadas en el área de influencia, clasificándolos por tipo (móvil, permanente), especie procesada y nivel de producción.

De los aserraderos móviles presentes en esta área se seleccionaron dos para el estudio: uno pinero y uno de maderas nativas; ambos de tecnología similar, esto es, un banco de sierra huincha horizontal con avance manual, tipo Wood-Mizer (aserradero móvil portátil), con un nivel de producción menor a 1.000 m³ anuales, estrato en el cual se circunscriben la mayor parte de los aserraderos móviles del país.

De los aserraderos de tipo permanente se seleccionaron 3, dos de ellos de tipo tradicional, cada uno con un tipo de máquina principal diferente (sierra huincha vertical y sierra circular simple). El tercero correspondió a un aserradero permanente con línea de elaboración, con una sierra huincha vertical como máquina principal, pero teniendo además astillador y descortezador para producir astillas sin corteza como subproducto¹⁴.

Para la selección de los tres aserraderos se recurrió primeramente a su clasificación según el tipo de máquina principal utilizada (Tabla 10), la cual permitió comprobar que el tipo más recurrente es la sierra circular simple (CS) y la sierra huincha vertical (HV), de allí la inclusión de ambos tipos de sierra en los estudios de casos (cabe indicar que el rendimiento entre sierra huincha vertical y sierra huincha horizontal es similar).

14 A modo de referencia se puede señalar que aproximadamente un 50% de los aserraderos permanentes pineros en la zona de influencia poseen descortezador y astillador.

Tabla 10: Número de aserraderos permanentes por tipo de sierra principal, según provincia de la zona de influencia. 2003

Sierra principal	Especie procesada			
	Pino radiata		Nativas	
	Cautín	Valdivia	Cautín	Valdivia
Sierra huincha vertical	8*	6*	0	2
Sierra huincha horizontal	4	3	1	2
Sierra circular doble	2	1	0	0
Sierra circular simple	10*	9*	1	1
Sierra circular con voladora	1	1	0	1
Sierra múltiple	1	0	0	0

Fuente: Base de datos INFOR, 2004. (*) Incluye un aserradero (1) de especies exóticas

En la selección de los aserraderos permanentes se tuvo también en cuenta el estrato de producción, escogiendo dos aserraderos representativos del estrato de menor producción (<5.000 m³/año) el más numeroso en esta zona; y uno del estrato medio de producción (5 mil a 50 mil m³/año). El estrato de mayor producción (>50.000 m³/año) en la zona es ocupado por Forestal Santa Elena, Aserraderos Paillaco, Aserradero Arauco y Maderas Jaime Venturelli, todos los cuales fueron encuestados entregando debida cuenta de su rendimiento, por lo que no se hizo necesario realizar un análisis *in situ* de ellos.

Si bien se contempló inicialmente para los aserraderos permanentes abarcar el procesamiento de maderas nativas y de pino radiata, en la práctica esto no fue necesario, dado que el estudio de caso llevado a cabo previamente en los aserraderos móviles, no arrojó diferencias en la generación de residuos según tipo de especie. Esto porque actualmente los escasos aserraderos (sean móviles o permanentes) que procesan maderas nativas obtienen su materia prima de masas muy jóvenes (renovales o bosques de segundo crecimiento), cuyas trozas presentan diámetros similares a los de pino radiata.

En suma, el estudio de casos en los cinco aserraderos, se indican en la Tabla 11.

Tabla 11: Nómima de aserraderos seleccionados para los estudios de casos

Tipo de aserradero	Especificación	Nombre
Móvil portátil (< 1.000 m ³ /año)	Materia prima: Pino radiata, sierra principal: huincha horizontal	Jaime Jalabert (Santa Luisa); Gorbea, IX Región
Móvil portátil (< 1.000 m ³ /año)	Materia prima: nativo, sierra principal: huincha horizontal	David Rebolledo Gorbea, IX Región
Permanente tradicional (< 1000 m ³ /año)	Materia prima: Pino radiata, sierra principal: huincha vertical	Aserradero los Aromos Villarrica, IX Región
Permanente tradicional (< 1.000 m ³ /año)	Materia prima: Pino radiata, sierra principal: circular simple	Aserradero Don Tino Temuco, IX Región
Permanente con elaboración (20.000 a 50.000 m ³ /año)	Con descortezador y astillador, materia prima: Pino radiata, sierra principal: huincha vertical	Forestal Andes Ltda. Freire, IX Región

En cada uno de los establecimientos escogidos, se seleccionaron trozas de manera de cubrir el rango diamétrico que con mayor frecuencia procesa el establecimiento, registrándose diámetro y largo de cada una de las trozas analizadas. En los aserraderos móviles la muestra fue de 4 trozas, y en los permanentes de 10 y más trozas, las que para un adecuado seguimiento se identificaron en sus extremos con pintura spray fosforescente.

El estudio consistió en realizar un seguimiento de las trozas, identificando el volumen de material que ingresa en cada máquina de transformación y el que sale, de forma de realizar más tarde una cuantificación volumétrica de los residuos mediante la diferencia de volumen.

Los diferentes residuos generados se recogieron en sacos, cajones o palas siendo posteriormente vertidos en recipientes de volumen conocido para su cuantificación.

Los factores de conversión utilizados para transformar desde volumen estéreo¹⁵ a sólido se presentan en el Anexo 1.

Como resultado se obtuvieron los antecedentes de rendimiento en madera aserrada y la proporción de residuos según tipo indicados en la Tabla 12.

Tabla 12: Factores de rendimiento y proporción de residuos ^{1/} según tipo de aserradero

Tipo de aserradero	Máquina principal	Rendimiento en madera aserrada	Tipo de residuo	%
Aserraderos móvil portátil	Sierra huincha horizontal (HH)	71%	Aserrín	5
			Lampazos	24
Aserraderos permanente	Sierra huincha vertical (HV)	53%	Aserrín	11
			Lampazos	36
	Sierra huincha vertical (HV) con descortezador y astillador	60%	Aserrín	10
			Lampazos	30
	Sierra circular simple (CS)	66%	Aserrín	14
			Lampazos	20

1/ Los factores indicados se aplican sobre el volumen de trozas sin corteza que entra al aserradero.

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los valores indicados se debe señalar que:

- El alto rendimiento obtenido en los aserraderos móviles analizados (superior aproximadamente en un 15% respecto a lo indicado por el fabricante de esta tecnología) se debió exclusivamente a que producían madera aserrada en grandes escuadrías (basas), lo que aumenta el rendimiento en madera aserrada (por el menor número de cortes). Este mismo hecho se verificó en el aserradero permanente con sierra circular simple.

15 Volumen estéreo= volumen apilado de 1 x 1x 1 m.

- No se observaron diferencias en el rendimiento obtenido entre el aserradero móvil pinero y el de nativas, debido a que el diámetro de trozas de ambos se circunscribe en el mismo rango. Las diferencias se producen en la velocidad de producción, siendo menor en un aserradero que procesa especies nativas en comparación a los que trabajan con coníferas. La generación de residuos sin embargo se mantiene en similar proporción.
- En el aserradero con descortezador y astillador, la proporción de lampazos es reemplazada por astillas sin corteza.
- De acuerdo a lo observado y a antecedentes de la literatura, una sierra huincha vertical utilizada como máquina principal genera menor cantidad de aserrín que una sierra circular utilizada también como máquina principal. Lo anterior se debe al mayor ancho de corte de la sierra circular. Cabe mencionar que el ancho de corte de una sierra huincha y de una sierra circular es de aproximadamente 1 y 3 mm, respectivamente, sin considerar vibraciones al momento del corte.
- El porcentaje de lampazos depende fuertemente de la capacidad y experiencia del operador de la máquina principal para obtener un alto aprovechamiento de la madera.
- Los resultados obtenidos para lampazos en aserraderos permanentes indican una proporción bastante similar cualquiera sea la máquina principal, los que varían en el rango de 25 a 30% respecto al consumo de materia prima; valores que se encuentran citados en la literatura.
- En cuanto a los despuntes (procedentes del dimensionado en largo de la madera aserrada), su obtención como residuo depende principalmente de los pedidos de los clientes. Por lo general, lo solicitado es 3,2 m (pino radiata) o 3,6 m (nativas, pino oregón) lo que corresponde al largo de las trozas empleadas, las que por lo general consideran una tolerancia de 2 a 3 cm (que en todo caso no se incluye en la cuantificación del volumen de trozas consumidos, porque no se carga en el precio de compra). De aquí que no se incluya en el cálculo de la cuantificación de los RAE. Se estima en todo caso que el porcentaje de estos despuntes no supera el 2% del volumen de trozas consumidos por un aserradero.
- Lo mismo sucede con la corteza, la que para el estudio fue calculada expresamente de acuerdo a lo indicado en la metodología.

Dado que los casos analizados correspondieron a situaciones específicas, afectadas por el programa de producción, el diámetro de trozas y la calidad del operador de los aserraderos evaluados, los factores obtenidos y señalados en la Tabla 12 se sometieron al juicio de un experto, para verificar que dichos factores representaran la situación normal de operación de los aserraderos medianos y pequeños de la zona¹⁶. Para estos efectos se recurrió a Oscar A. Wettling¹⁷, con cuya colaboración se elaboraron las Tablas 13, 14 y 15 que ajustaron los factores de rendimiento y proporción de residuos para aserraderos móviles y permanentes teniendo en cuenta tanto los resultados obtenidos en el estudio de

16 Recordar que en los aserraderos grandes se utilizó el rendimiento indicado en la encuesta, puesto que tanto éste como el consumo de trozas es conocido por ellos.

17 Ingeniero Mecánico con más de 40 años de experiencia en Chile y en el exterior como encargado de operaciones en diversos tipos de aserraderos.

casos como los citados en la literatura, los que fueron asociados a la máquina principal de aserrío empleada.

De esta forma en la Tabla 13 se indica, según la opinión experta, un rendimiento de 55% para los aserraderos móviles de tipo portátil que utilizan una sierra huincha horizontal tipo Wood-Mizer¹⁸, generando una proporción de 8% de aserrín por el espesor de 1 mm de la sierra empleada (el estudio de casos arrojó una proporción un poco menor de aserrín, de 5%). Los de tipo tradicional, en cambio, según la opinión experta tendrían un rendimiento de un 45,5%¹⁹ dado que utilizan como sierra principal una circular simple (CS) con un ancho de corte de ¼" (7 mm).

Tabla 13: Factores de rendimiento y proporción de residuos^{1/} en aserraderos móviles

Aserradero móvil	Sierra principal	Rend.%	Lampazos %	Aserrín %	Total %
Portátil	HH	55	37	8	45
Tradicional	CS	45,5	29,5	25	54,5

1/ Los factores son aplicables sobre el volumen de trozas sin corteza que entra al aserradero.

HV: Sierra huincha vertical; CV: Sierra huincha con voladora.

Fuente: Elaboración propia, colaboración de Oscar A. Wettling, 2005

En los aserraderos permanentes (Tabla 14 y 15), según la opinión experta, cualquiera sea su tipo (tradicional, con línea de elaboración o con remanufactura), el rendimiento variará según la sierra principal empleada, siendo de un 55% para huincha horizontal (el mismo que para aserraderos móviles tipo Wood-Mizer)²⁰, un 46% cuando se emplea sierra circular con voladora (CV)²¹ y un 48% en aserraderos con huincha vertical (HV), circular simple (CS), circular doble (CD), o huincha paralela (HP) (sin diferencias debido a que los anchos de corte son similares)²².

La proporción de lampazos cualquiera sea el caso, se establece entre un 26,8% y un 31% (del volumen cúbico de trozas sin corteza); la proporción de aserrín entre un 18,2% y un

18 El estudio de casos arrojó un rendimiento de 66% para estos aserraderos elaborando basas, el que se consideró superior a la situación normal de estos aserraderos que en general producen madera en menores escuadrías.

19 Este tipo de tecnología es antigua y de bajo rendimiento. El estudio de caso no lo abarcó, y no existen antecedentes en la literatura, por lo que se asume el rendimiento indicado por la opinión experta.

20 Algunos aserraderos permanentes han incorporado el banco móvil de sierra tipo Wood-Mizer por su mejor rendimiento.

21 Este tipo de sierra está actualmente muy poco presente. Se empleaba para aserrar maderas nativas en grandes diámetros, quedando algunas unidades en las Regiones de Los Ríos y de Los Lagos.

22 El estudio de casos arrojó un rendimiento de 60% para aserraderos con sierra huincha vertical y que poseen astillador y descortezador; en la literatura se cita también un 60%, pero obtenido con maderas nativas de grandes diámetros; ambos rendimientos obedecen a casos muy específicos, por esta razón se optó por considerar un rendimiento más conservador de 48%, que sería aplicable a aserraderos permanentes de tamaño pequeño y mediano, puesto que en los aserraderos grandes y con astillador se ha conservado la información que entregan los propios encuestados, porque llevan registros sistematizados al respecto.

21% (se ha hecho abstracción de la máquina partidora empleada para simplificar los cálculos; sin embargo, dependiendo también de su tipo, huincha o circular, variaría la proporción de aserrín).

En el proceso que sigue al aserrío, en los aserraderos que hacen elaboración (Tabla 14), los factores de pérdida se estiman del orden de un 12,9% (en relación al volumen de trozas sin corteza que entra al aserradero), equivalente a un rendimiento sobre la madera aserrada que entra a la línea de elaboración de un 73%. La proporción de residuos en esta línea se estima para despuntes de 1,7%, en virutas de 6,9% y en aserrín de 4,3% (sobre volumen inicial de trozas sin corteza), no variando por tipo de aserradero, porque básicamente la maquinaria es la misma, lo mismo que el tipo de productos (madera cepillada 4 caras, tablas de cielo, piso o revestimientos). Cabe señalar que el volumen de aserrín es poco significativo, porque se ha considerado que gran parte del dimensionado es realizado en la línea de aserrío.

Tabla 14: Factores de rendimiento y proporción de residuos^{1/} en aserraderos con línea de elaboración

Sierra principal	Rend. %	Aserrío			Elaboración			
		Lampazos %	Aserrín %	Total %	Despuntes %	Viruta %	Aserrín %	Total %
HH	55	26,8	18,2	45	1,7	6,9	4,3	12,9
HP	48	31,0	21,0	52	1,7	6,9	4,3	12,9
HV	48	31,0	21,0	52	1,7	6,9	4,3	12,9
CS	48	29,5	22,5	52	1,7	6,9	4,3	12,9
CD	48	31,2	20,8	52	1,7	6,9	4,3	12,9
CV	46	30,6	23,4	54	1,7	6,9	4,3	12,9
CH	48	31,0	21,0	52	1,7	6,9	4,3	12,9

1/ Factores sobre consumo inicial de trozas (m³ ssc)

HH: Sierra huincha horizontal; HP: Sierra huincha paralela; HV: Sierra huincha vertical; CS: Sierra circular simple; CD: Sierra circular doble; CV: Sierra circular con voladora; CH: Sierra circular horizontal

Fuente: Elaboración propia, colaboración de Oscar A. Wettling, 2005

En los aserraderos que realizan remanufacturas (Tabla 15), los factores de pérdida se estiman del orden de un 18% (en relación al volumen de trozas sin corteza que entra al aserradero), lo que determina un rendimiento sobre la madera aserrada que entra a la línea de elaboración de un 63%. La proporción de residuos en esta línea es en despuntes de 9%, en virutas de 6,3% y en aserrín de un 2,7% (sobre volumen inicial de trozas sin corteza), no variando por tipo de aserradero porque básicamente la maquinaria es la misma, lo mismo que el tipo de productos (molduras, madera cepillada libre de defectos, lo que implica un volumen de pérdidas en despuntes mayor para eliminar nudos y otros defectos). En este caso también el volumen de aserrín es poco significativo, porque se ha considerado que gran parte del dimensionado es realizado en la línea de aserrío.

Tabla 15: Factores de rendimiento y proporción de residuos^{1/} en aserraderos permanentes con línea de remanufacturas

Sierra principal	Rend. %	Aserrio			Remanufactura			
		Lampazos %	Aserrín %	Total %	Despuntos %	Viruta %	Aserrín %	Total %
HH	55	26,8	18,2	45	9,0	6,3	2,7	18,0
HP	48	31,0	21,0	52	9,0	6,3	2,7	18,0
HV	48	31,0	21,0	52	9,0	6,3	2,7	18,0
CS	48	29,5	22,5	52	9,0	6,3	2,7	18,0
CD	48	31,2	20,8	52	9,0	6,3	2,7	18,0
CV	46	30,6	23,4	54	9,0	6,3	2,7	18,0
CH	48	31,0	21,0	52	9,0	6,3	2,7	18,0

1/ Factores sobre consumo inicial de trozas (m³ssc)

HH: Sierra huincha horizontal; HP: Sierra huincha paralela; Hv: Sierra huincha vertical; CS: Sierra circular simple; CD: Sierra circular doble; CV: Sierra circular con voladora; CH: Sierra circular horizontal

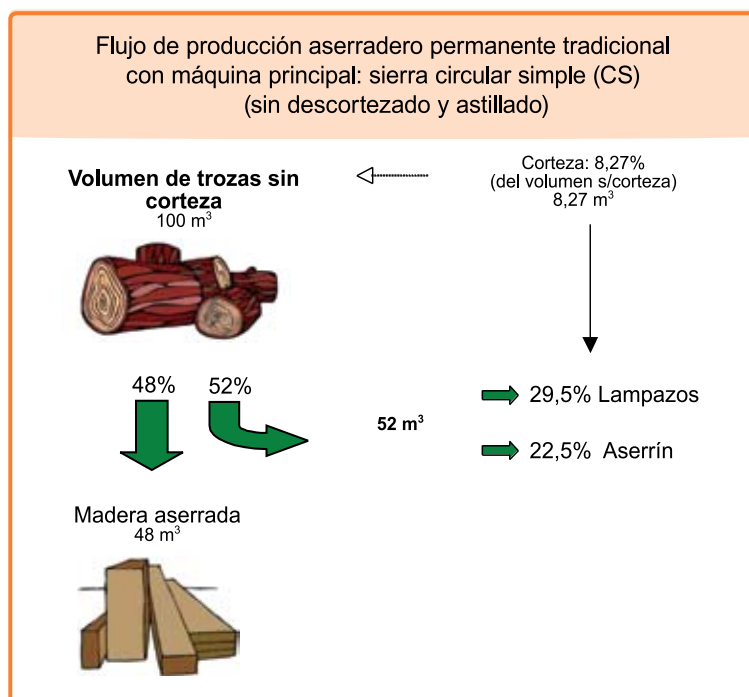
Fuente: Elaboración propia, colaboración del Sr. Wettling, 2005

Tanto el rendimiento como la proporción de residuos señalados en los cuadros anteriores, no considera el volumen de corteza por las razones ya indicadas. Como se señaló en el punto 3.3 y en relación al cálculo del volumen de corteza, con oportunidad de este estudio nacional, se establece una modificación en el procedimiento, empleando una tabla de cálculo que aplica un factor en función de los diámetros de trozas que ingresan al aserradero.

Cabe señalar que el volumen calculado de corteza queda disponible como residuo en aquellos aserraderos que descortezan (mecánicamente o en forma manual); en los restantes la corteza queda adherida a los lampazos.

En la Figura 17 se ejemplifica el flujo de producción y proporción de residuos en un aserradero permanente tradicional con sierra circular simple (CS), el que no descortezaba ni astilla. En él se destaca el volumen de aprovechamiento en madera aserrada y el volumen de residuos generados en el proceso, tanto en lampazos como en aserrín, indicando además la proporción adicional de corteza (que incrementa el volumen de lampazos), suponiendo que el 100% de las trozas se localizan en el rango diamétrico de 26 a 30 cm, cuyo factor de corteza es 0,0827.

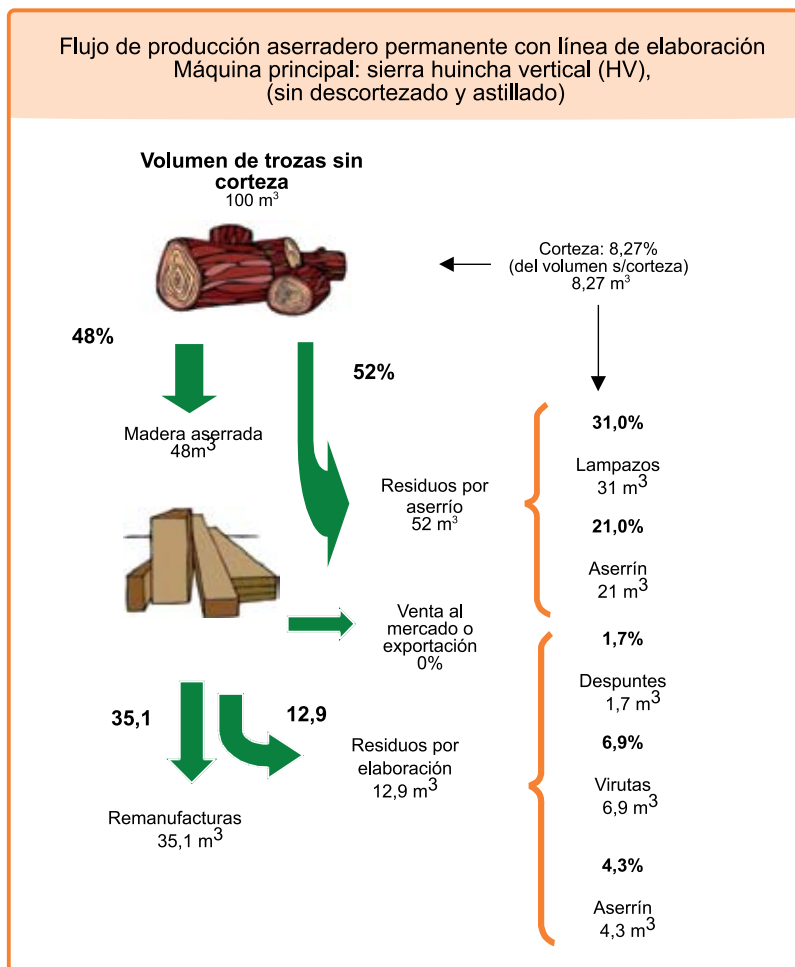
Figura 17: Flujo de producción y proporción de residuos en aserradero permanente tradicional, con sierra circular simple (sin descortezado y astillado)



Nota: Todos los % están aplicados sobre el volumen inicial de trozas sin corteza, excepto la corteza.
Fuente: Elaboración propia

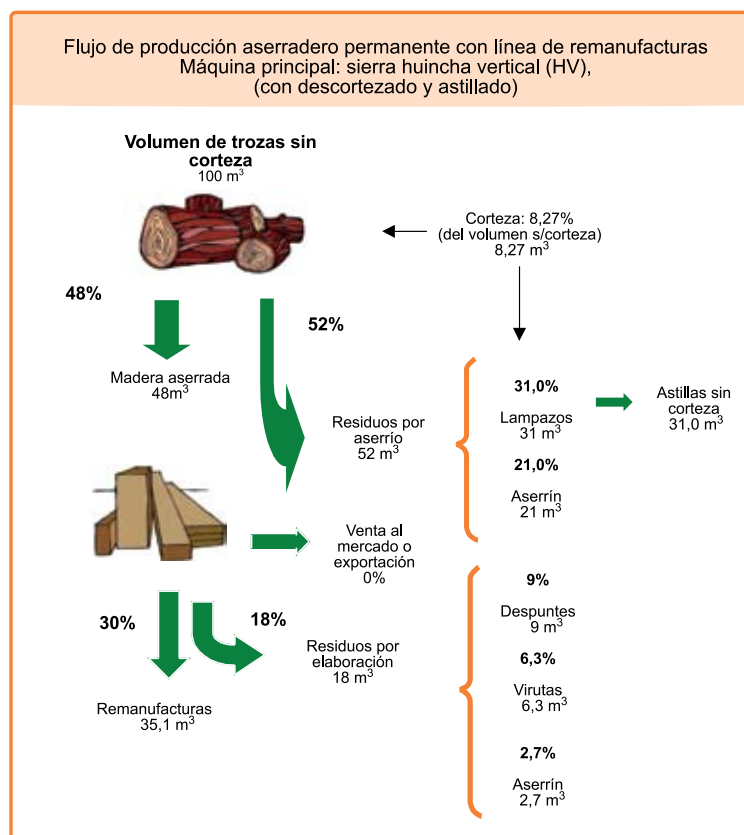
En la Figura 18 se esquematiza el flujo de producción y proporción de un aserradero de tipo permanente con elaboración, sin descortezador y astillador y en la Figura 19 lo mismo, pero para un aserradero que realiza remanufacturas y que además cuenta con un descortezador y astillador, por lo que sus lampazos son convertidos a astillas sin corteza. Se asume para la estimación de corteza condiciones similares al ejemplo anterior. En ambos casos se asume que toda la madera aserrada es procesada para elaboración o remanufacturas, lo que en la práctica no necesariamente ocurre en todos los aserraderos. A propósito de esta materia, y para este estudio, se hizo una modificación a la encuesta para conocer el porcentaje de madera aserrada destinada a elaboración (ver punto C de la encuesta, Anexo 8).

Figura 18: Flujo de producción y proporción de residuos en aserradero permanente con línea de elaboración, con sierra huincha vertical (sin descortezado y astillado)



Nota: Todos los % están aplicados sobre el volumen inicial de trozas, excepto la corteza
Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Flujo de producción y proporción de residuos en aserradero permanente con línea de remanufacturas; máquina principal sierra huincha vertical, con descortezado y astillado



Nota: todos los % están aplicados sobre el volumen inicial de trozas, excepto la corteza

Fuente: Elaboración propia

3.5 Levantamiento de datos e información

El levantamiento de información se realizó durante los meses de enero y febrero del 2006, capturándose en terreno aproximadamente un 80% del total de empresas planificadas a encuestar. El 20% restante se fue recuperando progresivamente entre los meses de marzo y abril del mismo año, a través de llamados telefónicos, correo electrónico, fax o visitas posteriores a las plantas rezagadas. Como se señaló en informes previos, y para el caso del muestreo en aserraderos móviles, cuando no se

localizaban algunas de estas unidades, se procedía a reemplazarlas en la muestra. En algunos contados casos de aserraderos que no enviaron sus encuestas, los datos fueron completados con los recolectados el año 2005 en el censo de industrias.

Finalmente, quedó un 2% de encuestas sin responder y que no fueron enviadas, todas ellas de aserraderos móviles, principalmente de la Provincia de Chiloé, que procesan maderas nativas, lo que no afecta los resultados. Para el caso de los aserraderos permanentes se registró un 100%, confirmando que en este segmento, y en particular tratándose de aserraderos medianos y grandes, hay receptividad por parte de sus propietarios a la aplicación de las encuestas.

La encuesta a industrias se aplicó siguiendo el mismo procedimiento empleado anualmente en el Muestreo de la Industria Primaria. Es importante señalar que en las Regiones de Coquimbo, Valparaíso, Aysén, Magallanes y Metropolitana, se realizó un censo para los dos tipos de aserraderos, móviles y permanentes; en cambio en las otras regiones, se eligió una muestra de los aserraderos móviles, estratificada por rango de producción y región, debido a su elevado número, lo cual resulta imposible de cubrir en su totalidad.

Conjuntamente con la captura de datos en la encuesta, se registró la localización de las industrias mediante receptores GPS, a fin de georreferenciar los establecimientos y administrar estos datos en ambiente de Sistema de Información Geográfico (SIG). Para ello se emplearon receptores GPS portátiles, principalmente la marca GARMIN modelos eTrex VISTA cartográfico y GPSMAP 60CS, aparatos que entregan la posición geográfica del usuario con precisiones entre 3 y 15 m. Los datos almacenados en la memoria de los aparatos fueron transferidos a PC vía puerto USB utilizando el software MapSource, y mediante el protocolo que para estos efectos dispone el equipo. Una vez migrados los datos, éstos fueron exportados a formato texto (ASCII) para adecuarlos a los requerimientos de ingreso del administrador de datos del SIG Residuos Madereros.

Finalmente, y como se anticipó en el punto 3.3, posterior a la toma de encuestas, se recopiló información sobre espesor de corteza presente en las trozas acopiadas en patio de algunos aserraderos seleccionados, para determinar el factor de corteza (%) por clase de diámetro (esto es, el porcentaje de corteza como desecho). Para tal efecto se registraron pares de datos Diámetro menor cc (cm) / espesor de corteza (cm), los que fueron analizados y normalizados para obtener promedios por clase. En el cálculo de volumen aserrable por troza y por ende deducir el porcentaje del volumen correspondiente a corteza, se utilizó JAS (Japan Agricultural Standard), fórmula corrientemente usada en aserraderos para cubicar trozas.

Los datos resultantes, expresados como factor (tanto por uno), fueron posteriormente ingresados a los mantenedores del sistema administrador de datos (Mantenedores_Mantenedor de Factores de Conversión_Tabla de Corteza Aserrado, m³).

Formulario de encuesta

Las principales variables consultadas y registradas en la encuesta fueron:

A. IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

- Folio
- Nombre
- Razón Social
- Actividad (aserrío, barraca, otro)
- Nombre del establecimiento
- Dirección planta
- Ciudad/localidad, fono, casilla, fax, mail
- Dirección gerencia/ciudad, casilla, fax, mail
- Página web
- Coordenadas UTM (Huso, Zona)
- Región, Provincia, Comuna

B. ANTECEDENTES GENERALES

- Clasificación del establecimiento
- Situación en 2005 (trabajando/paralizado)
- Causas de paralización

C. PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA Y DESTINO

- Producción de madera en 2005 (aserrada, elaborada u otros productos finales)
- Meses trabajado/año
- Días trabajados/mes
- N° turnos/día
- Especies utilizadas (% de la producción)
- Destino de la madera aserrada
- Lugar de proceso

D. ABASTECIMIENTO

- Volumen de trozos consumidos
- Diámetro promedio de trozas (cm)
- Largo de trozas (m)
- Rendimiento (% , relación insumo/producto)

E. OCUPACION (A DICIEMBRE 2005)

F. ASPECTOS ECONÓMICOS
• Metas para 2006 (ampliar producción, instalar secador, invertir en nueva tecnología, etc)
G. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS
• Tipo de maquinaria (tecnología utilizada en el proceso de transformación, máquinas principales, secundarias y auxiliares)
• Otras máquinas (descortezador mecánico, astillador mecánico, etc.)
H. TRATAMIENTOS DE LA MADERA
• Baño antimancha; proporción de madera preservada
• Secado artificial: proporción de madera secada, tecnología secado, maquinaria, tipo de combustible utilizado, con especial referencia al uso de dendrocombustibles
I. SUBPRODUCTOS
• Subproductos generados por el establecimiento
• Aspectos de la comercialización (precio, destino)
J. RESIDUOS DE MADERA (RESIDUOS APROVECHABLES ENERGÉTICAMENTE)
• Tipo de residuos generados
• Proporción de residuos según tipo (lampazos, despuntes, corteza, viruta, aserrín)
• Destino de los residuos (se comercializa, se regala, autoconsumo, se acumula)
a) Si se comercializan: destino, cantidad, precio de venta
b) Si se regalan: destino
c) Si se autoconsumen: destino energético y no energético
d) Si se acumulan: último periodo de stock y manejo dado.

En el Anexo 8, se presenta un facsímil del formulario encuesta aplicado a aserraderos y establecimientos elaboradores.

3.6 Sistemas de administración de los datos e información

Entre los objetivos y resultados del estudio se consideró el diseño de sistemas administradores de datos y despliegue de información para usuarios. El **Sistema Administrador de Bases de Datos de Residuos Madereros (SIDENDRON)**, se ha concebido como un sistema de información dentro de los sistemas que sirven de apoyo al manejo de las estadísticas sectoriales, en particular la industria primaria. Su rol es permitir el ingreso, validación, procesamiento y salida (exportación) de datos, y fue desarrollado en base a tecnologías web (open source), de libre disposición y distribución, y bajo licencias GNU23.

Conjuntamente con este sistema, la información de las industrias contiene el atributo de georreferenciación, de tal forma que permite su despliegue al interior de un **Sistema de Información Geográfico de Residuos Madereros**, el que ha sido diseñado en base a tecnologías en web. Fue desarrollado en base a licencias UMN MapServer, un ambiente de desarrollo de aplicaciones en internet para el despliegue de información geográfica o espacial, programa de código fuente abierto.

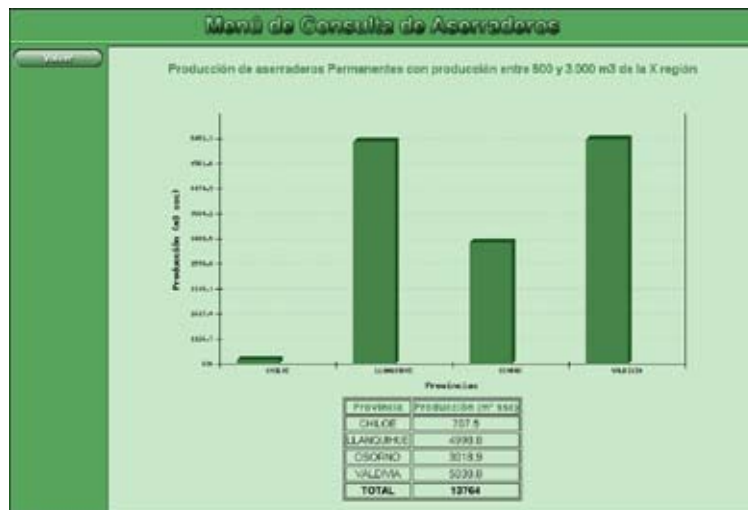
Aunque no es propiamente tal un SIG, porque no cuenta con toda la potencialidad de análisis de estos sistemas (tampoco pretende serlo), cumple con la finalidad de desplegar datos espaciales para interpretar mapas e imágenes en un entorno web. Para los objetivos de este proyecto, se le define como un navegador cartográfico en base a tecnologías web (servidor de mapas) para el despliegue de la información de residuos madereros en un entorno geográfico. El sistema integra, además, capacidades de ingreso de datos (geodatos) en un administrador por parte del operador del sistema o usuario autorizado, como también capacidades de emitir informes y gráficos relacionados con las consultas enviadas al sistema.

El sistema se encuentra habilitado para uso público en el sitio web del Instituto Forestal (www.infor.cl). Se requiere de un usuario y una contraseña para acceder a cualquiera de sus páginas, la cual puede ser solicitada en el mismo sitio web. Una vez iniciada la sesión se despliega un mapa interactivo, donde el usuario puede navegar en él, utilizando las herramientas que se ponen a su disposición.

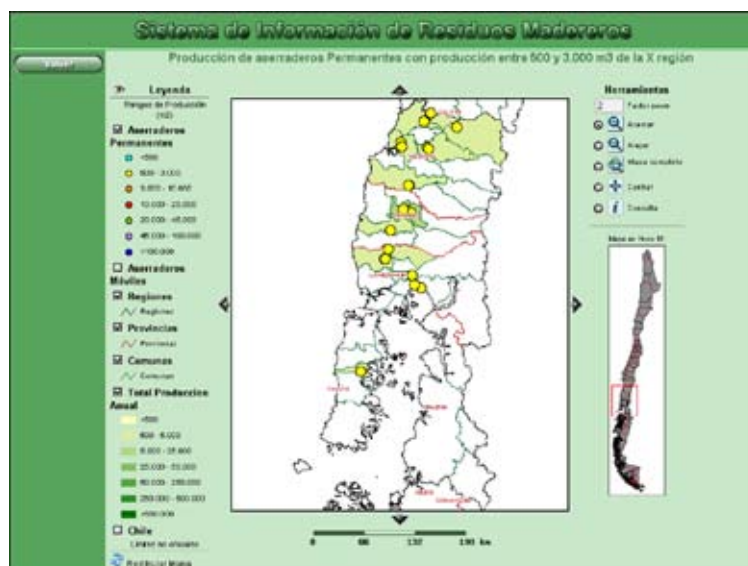
Una de las herramientas disponibles permite realizar una consulta a la base de datos haciendo un clic en el mapa. Dicha consulta retorna la información disponible sobre el o los aserraderos ubicados en la cercanía del punto seleccionado.

23 GNU, de "GNU No es Unix". El Proyecto GNU es un sistema completo de software libre compatible con plataformas Unix, de libre disposición y distribución, nacido para luchar contra los obstáculos impuestos por los dueños de software privativos. El primer elemento de la agenda del proyecto fue diseñar un sistema operativo libre, parecido a Unix, lo que se alcanza en los años noventa con la incorporación del núcleo central del sistema, LINUX. (Para más detalles ver www.gnu.org).

El sitio además cuenta con un informe dinámico que permite generar una tabla de datos y a su vez graficarlos. También tiene la opción de desplegar la información en un mapa, en el cual se agrega una nueva capa. A continuación se muestra un ejemplo de los resultados entregados por una consulta determinada.



En la siguiente figura se puede observar el resultado de la consulta anterior desplegada en el mapa, el que además de mostrar la totalización por comuna del campo elegido, muestra también los aserraderos que cumplen con los criterios seleccionados.



4. Análisis de resultados

4.1 Número y tipo de aserraderos

Para el total del área en estudio (Regiones de Coquimbo a Magallanes), se registraron 920 aserraderos funcionando durante el año 2005, lo cual constituyó la base de estudio para la aplicación de la encuesta. El número de aserraderos por tipo y región se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16:
Número de aserraderos presentes en la zona de estudio, según tipo y región

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	1	0	0	1	0,1
V	0	9	4	1	6	20	2,2
VI	2	35	10	1	7	55	6,0
VII	6	35	30	6	27	104	11,3
VIII	11	137	52	16	44	260	28,3
IX	26	92	18	7	19	162	17,6
X	42	140	14	6	40	242	26,3
XI	32	7	8	1	0	48	5,2
XII	1	2	20	1	2	26	2,8
RM	0	2	0	0	0	2	0,2
Total	120	459	157	39	145	920	100,0
%	13,0	49,9	17,1	4,2	15,8	100,0	

Fuente: Base de datos INFOR, 2005.

El total de aserraderos móviles en la base son 579, los cuales representan el 62,9% de los aserraderos presentes en el área de estudio. Por su parte, los aserraderos permanentes suman 341 unidades o industrias, que representan el 37,1%. La distribución por región muestra que el 83,5% de los aserraderos se concentran entre las Regiones del Maule y de Los Lagos. Como se recordará, en el segundo informe de avance el número de aserraderos móviles informados trabajando fue de 565 unidades; en tanto que, los aserraderos permanentes estaban constituidos por 390 industrias. Todo hacía un total de 955 industrias. Las diferencias en uno y otro caso, obedecen a que al momento de recolectar los datos, se detectaron 35 unidades o industrias paralizadas, situación que ha afectado fundamentalmente a aserraderos del tipo permanente.

Del total de aserraderos móviles informados se tomó finalmente una muestra de 254 aserraderos para encuestar, lo que corresponde al 43,9% de este grupo. Para el caso de los aserraderos permanentes se encuestó el total de 341 aserraderos presentes operando en la zona de estudio, lográndose completar 595 aserraderos encuestados (Tabla 17).

Tabla 17: Número de aserraderos por tipo encuestados en la zona de estudio

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	1	0	0	1	0,2
V	0	9	4	1	6	20	3,4
VI	1	20	10	1	7	39	6,6
VII	4	23	30	6	27	90	15,1
VIII	7	51	52	16	44	170	28,6
IX	20	14	18	7	19	78	13,1
X	37	24	14	6	40	121	20,3
XI	32	7	8	1	0	48	8,1
XII	1	2	20	1	2	26	4,4
RM	0	2	0	0	0	2	0,3
Total	102	152	157	39	145	595	100,0
%	17,1	25,5	26,4	6,6	24,4	100,0	

El 77,1% de las encuestas se concentra entre las Regiones del Maule y de Los Lagos, en particular la Región del Bío-Bío, que logra concentrar el 28,6% del total. Según el tipo de aserradero, los aserraderos móviles concentran el 42,6% de las encuestas y los permanentes el 57,4%.

Los 254 aserraderos móviles encuestados corresponden a una muestra y para la estimación o proyección de los volúmenes al total poblacional, se realizó una estratificación según región, provincia y nivel de producción, para luego obtener los promedios y multiplicarlos por el número de aserraderos de la población, estratificados de la misma forma. De esta manera se logró tener valores estimados para este grupo, tanto en producción, consumo y residuos. En el caso de los aserraderos permanentes, como se señaló anteriormente, se encuestó el total de aserraderos operando, por lo tanto, los valores obtenidos corresponde a la población.

4.2 Producción de madera aserrada

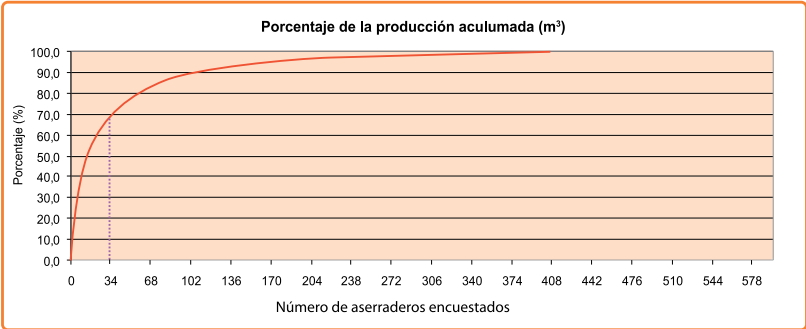
La producción de madera aserrada informada en las 595 encuestas se distribuyó según cuatro rangos de producción, lo cual permitió determinar que el 70,2% de esta producción es aportada por 34 empresas, equivalente al 5,7% del número de aserraderos encuestados, todos del tipo permanente. Un 11,1% de las industrias aportan el 18% de producción y el resto de los aserraderos (83,2%), genera el 11,9% del total de producción informada (Tabla 18).

Tabla 18: Número de industrias y producción total de madera aserrada, según nivel o rango de producción

Rango de producción (m³ ssc/año)	Número de aserraderos	%	Producción acumulada (m³ ssc/año)	%
45000 y más	34	5,7%	5.741.794	70,2%
10000 - 45000	66	11,1%	1.472.095	18,0%
1000 - 10000	230	38,7%	873.118	10,7%
0 - 1000	265	44,5%	96.068	1,2%
Total	595	100,0%	8.183.076	100,0%

La tabla anterior refleja una alta concentración de la producción, razón por la cual, para este grupo de 34 aserraderos, se consideró la información entregada por las propias empresas (consumo, producción, rendimiento de los aserraderos) como fuente para el análisis, y no los factores y valores medios estimados para el resto de los aserraderos, esto es, la aplicación de las tablas de rendimiento de producción. Recordaremos en este punto que la aplicación de estas tablas de rendimiento promedio para los aserraderos tenía por finalidad actuar con un criterio común frente a todas las industrias, para calcular su abastecimiento o consumo de trozas (“consumo calculado”) en base al valor de producción informado. A diferencia de la producción que siempre es informada, la variable “consumo informado” podríamos calificarla de discreta; esto es, en unos casos es informada (generalmente algunas medianas y casi todas las grandes empresas, como es el caso de estas 34 industrias), en tanto que en otras (comúnmente pequeñas industrias) esta variable no es informada. Este criterio se adoptó basado en dos fundamentos: primero, las empresas con alta producción tienen una capacidad de gestión que les permite elevar los estándares de rendimiento por sobre el promedio general; y, segundo, llevan un control de los volúmenes de ingreso o abastecimiento, como también de los volúmenes generados a lo largo de su proceso productivo, por lo cual los valores informados son más confiables que los estimados o calculados por el sistema. De esta forma, la aplicación de las tablas de rendimiento promedio se restringe sólo a aquellas industrias que no informan consumo.

Figura 20: Porcentaje de producción acumulada según número de aserraderos

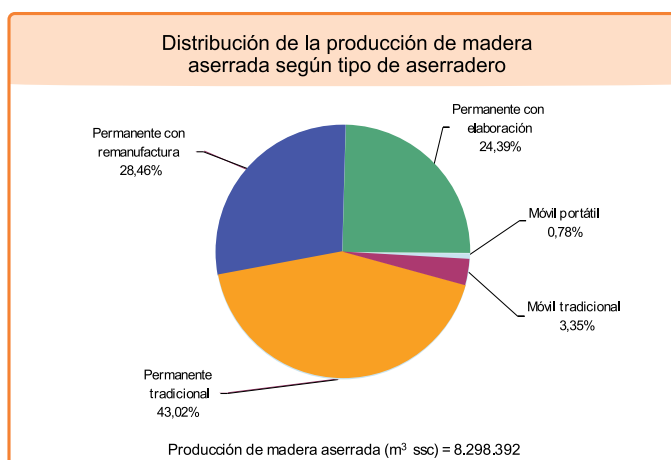


El valor de producción estimado para el total de aserraderos en la zona de estudio, durante el año 2005, es de 8.298.392 m³ssc; el 95,87% de este volumen es producido por aserraderos permanentes: 43,02% en aserraderos permanentes tradicionales; 28,46% en aserraderos con remanufactura; y 24,39% en aserraderos con elaboración. El 4,13% del volumen restante es generado por los aserraderos móviles: 0,78% y 3,35%, en aserraderos móviles portátiles y tradicionales, respectivamente (Tabla 19).

Tabla 19:
Producción de madera aserrada en la zona de estudio, por tipo de aserradero (2005)

Región	Tipo de aserradero (m ³ ssc/año)					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	62	0	0	62	0,0
V	0	3.402	14.870	742	9.670	28.685	0,3
VI	1.749	49.888	33.293	50.400	20.062	155.392	1,9
VII	8.653	72.066	324.941	422.280	417.727	1.245.667	15,0
VIII	8.644	80.641	2.852.926	1.419.551	1.002.737	5.364.499	64,6
IX	14.527	42.222	274.136	220.729	142.580	694.193	8,4
X	21.203	27.634	14.833	245.751	424.457	733.878	8,8
XI	9.760	1.805	2.552	1.650	0	15.767	0,2
XII	165	395	52.352	509	6.604	60.026	0,7
RM	0	223	0	0	0	223	0,0
Total	64.701	278.275	3.569.966	2.361.613	2.023.836	8.298.392	100,0
%	0,78	3,35	43,02	28,46	24,39	100,00	

Figura 21: Distribución de la producción de madera aserrada en la zona de estudio, por tipo de aserradero



De las cifras anteriores se desprende que los aserraderos permanentes son los que sostienen la producción industrial a nivel nacional, por lo tanto son los mayores generadores de residuos madereros. Además, el volumen de madera aserrada producida por los aserraderos con remanufactura (2.361.613 m³ssc) y con elaboración (2.023.836 m³ssc), es procesada en su totalidad o en parte, dividiéndose la producción original en aquella que permanece como madera aserrada y aquella que pasa a producción de madera elaborada (Tabla 20), sumando un nuevo volumen de residuos.

Tabla 20: Producción de madera elaborada en la zona de estudio, para aserraderos con remanufactura o elaboración (2005)

Región	Tipo de aserradero (m ³ ssc/año)		Total	%
	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	0	0,0
V	464	5.456	5.920	0,3
VI	29.658	15.111	44.769	2,3
VII	140.404	225.316	365.720	19,1
VIII	624.494	349.459	973.953	50,8
IX	118.104	86.207	204.312	10,7
X	143.432	175.145	318.577	16,6
XI	413	0	413	0,0
XII	64	1.932	1.995	0,1
RM	0	0	0	0,0
Total	1.057.033	858.626	1.915.659	100,0
%	55,2	44,8	100,0	

Nota: En Anexo 11 se presenta el volumen de producción según provincia y tipo de aserradero.

El volumen de madera aserrada que no se destina a elaboración se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21: Producción de madera aserrada en la zona de estudio, considerando el descuento de madera elaborada en aserraderos con remanufactura o elaboración

Región	Tipo de aserradero (m ³ ssc/año)					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	62	0	0	62	0,0
V	0	3.402	14.870	0	2.400	20.672	0,4
VI	1.749	49.888	33.293	5.040	0	89.970	1,6
VII	8.653	72.066	324.941	207.204	117.586	730.450	13,1
VIII	8.644	80.641	2.852.926	487.699	539.111	3.969.022	71,4
IX	14.527	42.222	274.136	34.578	24.561	390.023	7,0
X	21.203	27.634	14.833	24.792	193.880	282.342	5,1
XI	9.760	1.805	2.552	990	0	15.107	0,3
XII	165	395	52.352	408	3.962	57.282	1,0
RM	0	223	0	0	0	223	0,0
Total	64.701	278.275	3.569.966	760.710	881.501	5.555.154	100,0
%	1,2	5,0	64,3	13,7	15,9	100,0	

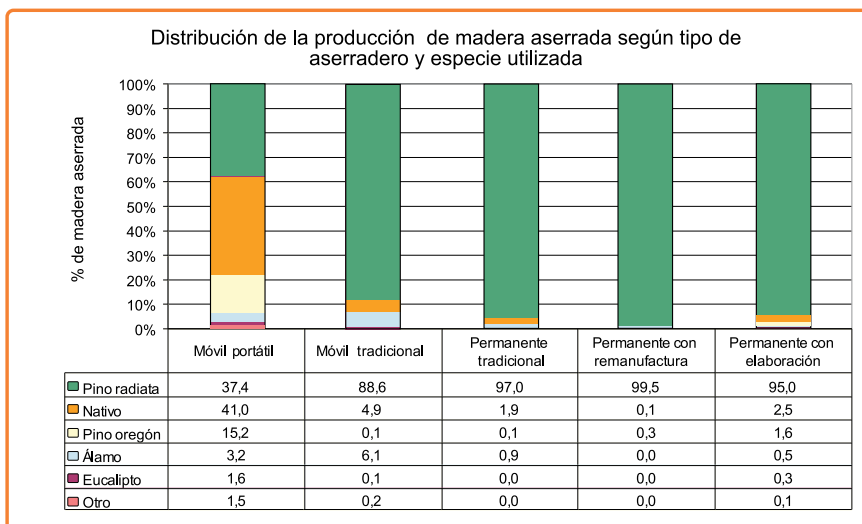
Nota: En Anexo 11 se presenta el volumen de producción según provincia y tipo de aserradero.

4.3 Distribución de la producción de madera aserrada según especie

La principal especie utilizada en la producción de madera aserrada corresponde a pino radiata, con un 96,7% de participación, seguida por especies nativas con un 1,9%, álamo con 0,7%, pino oregón con 0,6% y eucalipto con 0,1%.

La utilización de las especies según el tipo de aserradero permite ver que los aserraderos móviles portátiles procesan en una mayor proporción especies nativas, debido a su capacidad de transporte que les permite operar en sectores de difícil acceso. Para el resto de los aserraderos la proporción de uso de pino radiata es superior al 90%, lo cual está claramente definido en los aserraderos permanentes (Figura 22).

Figura 22: Distribución de la producción por tipo de aserradero y especie utilizada



4.4 Consumo de trozas

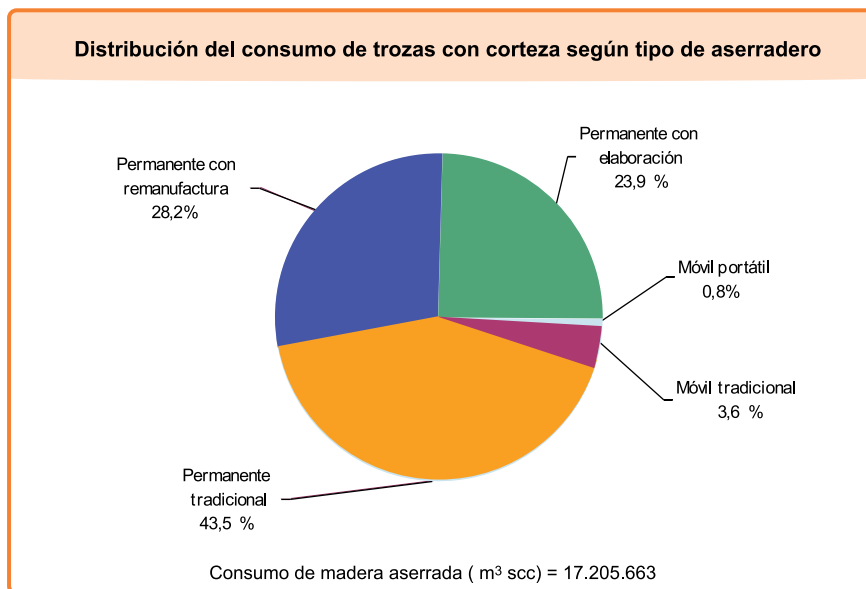
Los resultados de la estimación del consumo de trozas en aserraderos móviles y permanentes en la zona de estudio, es de 17.205.663 m³ scc, durante el año 2005. De dicho consumo, el 43,5% radica en aserraderos permanentes tradicionales, el 28,2% en aserraderos permanentes con remanufactura y el 23,9% en aserraderos permanentes con elaboración, completando el 95,6% del consumo para los aserraderos permanentes. La diferencia se reparte en los aserraderos móviles, con un 0,8% y 3,6% para los portátiles y tradicionales, respectivamente (Tabla 22 y Figura 23).

Tabla 22: Consumo anual de trozas con corteza en la zona de influencia por tipo de aserradero

Región	Tipo de aserradero (m³ scc/año)					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	145	0	0	145	0,00
V	0	8.066	33.329	1.667	19.892	62.953	0,37
VI	3.593	118.027	73.084	104.711	41.287	340.702	1,98
VII	17.121	151.918	763.009	851.591	857.356	2.640.995	15,35
VIII	17.647	183.614	5.856.353	2.889.564	2.013.016	10.960.194	63,70
IX	28.128	95.987	611.652	483.445	322.066	1.541.278	8,96
X	42.505	55.152	32.677	523.596	836.490	1.490.420	8,66
XI	21.296	2.405	5.410	3.750	0	32.861	0,19
XII	326	950	118.141	1.158	15.010	135.586	0,79
RM	0	530	0	0	0	530	0,00
Total	130.616	616.648	7.493.800	4.859.482	4.105.117	17.205.663	100,00
%	0,8	3,6	43,5	28,2	23,9	100,0	

Nota: En Anexo 10 se presenta el volumen de consumo según provincia y tipo de aserradero.

Figura 23: Consumo de trozas con corteza según tipo de aserradero



4.5 Planes de instalación de plantas de cogeneración

De los datos recolectados se puede informar que sólo una empresa, un aserradero permanente de la Provincia de Osorno, Región de Los Lagos, tiene en proyecto la instalación de una planta de cogeneración que funcionaría en base a los residuos madereros generados por la propia industria. Este proyecto, que fue presentado al primer concurso de ERNC de CORFO/CNE en el año 2005, cuenta ya con el estudio de factibilidad y se encuentra en etapa de búsqueda de financiamiento. Según información entregada por su gerencia, se optó por postergar la inversión, privilegiando la mejora tecnológica de la planta de aserrio, para aumentar la producción y rendimientos de madera aserrada. En correspondencia con ello, se reformulará el proyecto de cogeneración por cuanto se dispondrá de mayor cantidad de biomasa para producción de energía.

En resumen, puede señalarse que la captura de información en este tema, por la vía de las encuestas de industria primaria realizadas, es parcial, debido a que este tipo de emprendimientos en algunos casos son autónomos de las fuentes generadoras de residuos; y en otros casos los proyectos están siendo desarrollados por empresas que aunque relacionadas, en términos de propiedad, con la industria del aserrio, es difícil en primera instancia reconocer sus vinculaciones. Para ejemplificar esta situación, podemos mencionar el caso de la empresa GAFONAC (del Grupo Errázuriz), proponente del proyecto Planta de Biomasa Marchigüe, comuna del mismo nombre, Provincia Cardenal Caro, Región del Lib. Bdo. O'Higgins. El proyecto se vincula evidentemente a la industria o aserradero cuya razón social es FORESTAL REGIONAL, ubicada en la misma comuna, y de propiedad del mismo grupo económico. Este proyecto fue presentado al segundo concurso (2006) de ERNC de CORFO, y es uno de los seis presentados a este concurso, todos basados en recursos de biomasa.

De estos seis, dos se abastecen de residuos madereros (aserraderos propios), uno de ellos es el antes mencionado; el segundo corresponde al proyecto de generación de electricidad Planta de Biomasa Proarauco (de Proarauco S.A.), en la comuna de Los Alamos, Región del Bío-Bío. Finalmente, un tercer proyecto en base a biomasa (con fuentes de abastecimiento agrícola, forestal, municipal) presentado a este concurso es la Planta de Bioenergía Laguna Verde, Región de Valparaíso (de Energías Renovables de Chile Ltda.) para generación de energía térmica y eléctrica, que se abastecería mediante contratos de compra de residuos a terceros.

De materializarse algunos de estos proyectos, se unirían al proyecto ya en ejecución y operación de Energía Verde S.A. en Constitución, Región del Maule, industria vinculada al grupo CMPC, y que procesa residuos madereros.

Finalmente, para complementar, otras empresas, de las que no se cuenta con más información, y cuyos proyectos en utilización de biomasa forestal para generación de energía resultaran favorecidos en el primer concurso de ERNC (2005), son los de Agrícola

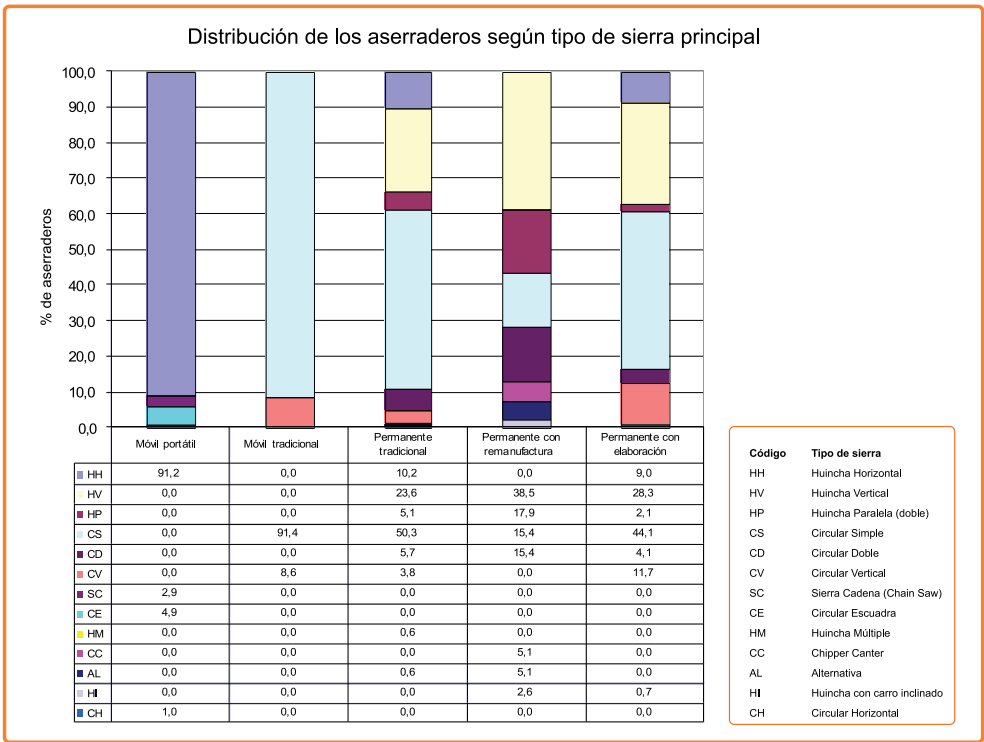
y Forestal Naguilán (Región del Lib. Bdo. O'Higgins), Agrícola y Forestal Los Chacayes (Región del Maule), Forestal Copihue S.A. (Región del Maule) y Bosques Santa Elena S.A. (Región del Bío-Bío).

Como conclusión, es posible señalar que indudablemente todas estas iniciativas despiertan el interés por residuos madereros y traerán consigo una presión de demanda y una fuerte activación del comercio de estos recursos. Si a esto unimos la demanda proveniente de proyectos industriales en pellets, aumentará la competencia por residuos, y hasta es posible anticipar una escasez relativa de ellos con el tiempo.

4.6 Tecnología utilizada en el proceso productivo

Los aserraderos permanentes poseen mayor capacidad tecnológica en comparación con los aserraderos móviles, debido a que están mejor dotados de máquinas y variedad de ellas, sierra circular simple (CS), huincha vertical (HV), huincha paralela (HP), entre otras. Por su parte, los aserraderos móviles presentan principalmente dos tipos de sierra principal: huincha horizontal (HH), en el caso de los móviles portátiles y sierra circular simple (CS), en el caso de los móviles tradicionales (Figura 24).

Figura 24: Distribución de los aserraderos según tipo de sierra principal



Se mencionó en capítulos anteriores que durante la toma de encuestas en terreno, se detectaron unidades o tipos de aserraderos no clasificados en las tablas de identificación de tipos de máquinas. Éstas se estimó necesario incorporarlas para que queden debidamente registradas, lo que da una relación más precisa del estado del arte en la industria del aserrío, aun cuando sus niveles de producción sean mucho menores comparados con los equipos tradicionales. Tal es el caso de las máquinas denominadas sierra cadena o motosierra (SC) y circular escuadra (CE), que operan fundamentalmente con especies nativas en las Regiones de Los Ríos y de Los Lagos y Aysén.

4.7 Tratamiento antimancha y secado de la madera

Uno de los requisitos esenciales para utilizar los residuos de madera en la generación de energía, es que éstos no se encuentren impregnados con químicos tóxicos. Hasta hace varios años atrás era frecuente el uso de pentaclorofenato para bañar la madera aserrada y evitar así la “mancha azul”.²⁴

En la actualidad, la mayor parte de los aserraderos cuya producción tiene por destino principal el mercado externo o aquella con un mayor grado de elaboración, aplican secado artificial a la madera una vez aserrada, haciéndose innecesario el baño antimancha²⁵.

La Tabla 23 señala que un 79,7% de los aserraderos encuestados no realiza este tratamiento, siendo 93,3% en promedio la proporción en aserraderos móviles y 69,5% en los permanentes. En los aserraderos que realizan remanufacturas o elaboración y que sí bañan la madera (dado que no secan artificialmente) sólo se trata el 31,0% y 34,1% de la madera aserrada producida, respectivamente. La proporción de la madera tratada en los aserraderos móviles que utilizan baño antimancha es mayor comparado con la madera tratada en los aserraderos permanentes.

En relación al secado artificial, su importancia radica en que la capacidad de secado existente en los aserraderos genera una demanda de residuos para combustible que lleva a que el destino prioritario de éstos sea el autoconsumo para sus calderas.

24 La conocida “mancha azul” de la madera aserrada de pino radiata es causada por un hongo del género *Ceratocystis* sp.; el que actúa cuando la madera es acopiada en estado “verde”.

25 En 2003 sólo el 33,5% de la producción total de madera aserrada, equivalente a 2.225.081 m³, fue sometida a tratamiento antimancha. Las grandes empresas efectuaron este tratamiento a un 36,2% de su producción, proporción que fue disminuyendo en los de menor tamaño, hasta llegar a sólo un 8,7% de la producción en los aserraderos “muy pequeños” (INFOR, 2004).

Tabla 23: Aserraderos en la zona de estudio, según tratamiento antimancha realizado a la madera aserrada

Tipo de aserradero	Aserraderos sin tratamiento	%	Aserraderos con tratamiento	%	% Madera aserrada tratada (**)
Móvil portátil (*)	95	93,1	7	6,9	77,4
Móvil tradicional (*)	142	93,4	10	6,6	64,4
Subtotal móviles	237	93,3	17	6,7	68,3
Permanente tradicional	105	66,9	52	33,1	53,4
Permanente con remanufactura	22	56,4	17	43,6	31,0
Permanente con elaboración	110	75,9	35	24,1	34,1
Subtotal permanentes	237	69,5	104	30,5	42,7
Total	474	79,7	121	20,3	42,8

(*) Cifras correspondientes a la muestra

(**) Relación (%) entre la madera tratada y el volumen de producción anual de madera aserrada (en los aserraderos que realizan baño antimancha).

De acuerdo a los antecedentes recopilados, un 21,5% de los aserraderos realiza el secado de su madera, lo que ocurre mayoritariamente en los aserraderos permanentes. El volumen de madera secada artificialmente, en relación al volumen producido de madera aserrada, alcanza en aquellos aserraderos que realizan remanufactura a un 72,3%, y a un 61,9% en los aserraderos que tienen elaboración; mientras que en los aserraderos permanentes tradicionales alcanza a un 52,9% (Tabla 24).

Tabla 24: Aserraderos en la zona de estudio, con y sin secado artificial a la madera aserrada

Tipo de aserradero	Aserraderos sin secado artificial	%	Aserraderos con secado artificial	%	% Madera aserrada tratada (***)
Móvil portátil (*)	99	97,1	3 **	2,9	41,5
Móvil tradicional (*)	150	98,7	2 **	1,3	15,0
Subtotal móviles	249	98,0	5	2,0	22,1
Permanente tradicional	127	80,9	30	19,1	52,9
Permanente con remanufactura	2	5,1	37	94,9	72,3
Permanente con elaboración	89	61,4	56	38,6	61,9
Subtotal permanentes	218	63,9	123	36,1	62,3
Total	467	78,5	128	21,5	62,3

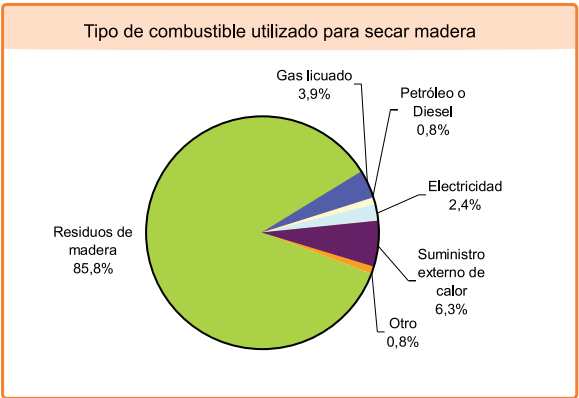
(*) Cifras correspondientes a la muestra

(**) Estos aserraderos móviles abastecen una planta de secado artificial localizada en las proximidades del aserradero.

(***) Relación (%) entre la madera tratada y el volumen de producción anual de madera aserrada (en los aserraderos que secan).

En cuanto al tipo de combustible utilizado en el proceso de secado de la madera aserrada, y como puede observarse en la Figura 25, en una proporción mayoritaria corresponde a residuos de madera con un 85,8% de participación, lo que refleja la importancia que tiene el uso de los residuos en el proceso productivo, como generador de energía, situación que, en relación a años pasados, cobra cada vez mayor relevancia. Esto, como podrá deducirse, restringe la disponibilidad de residuos, por cuanto señala que una cantidad significativa de éstos es autoconsumido por las industrias.

Figura 25: Tipo de combustible utilizado en el secado de la madera

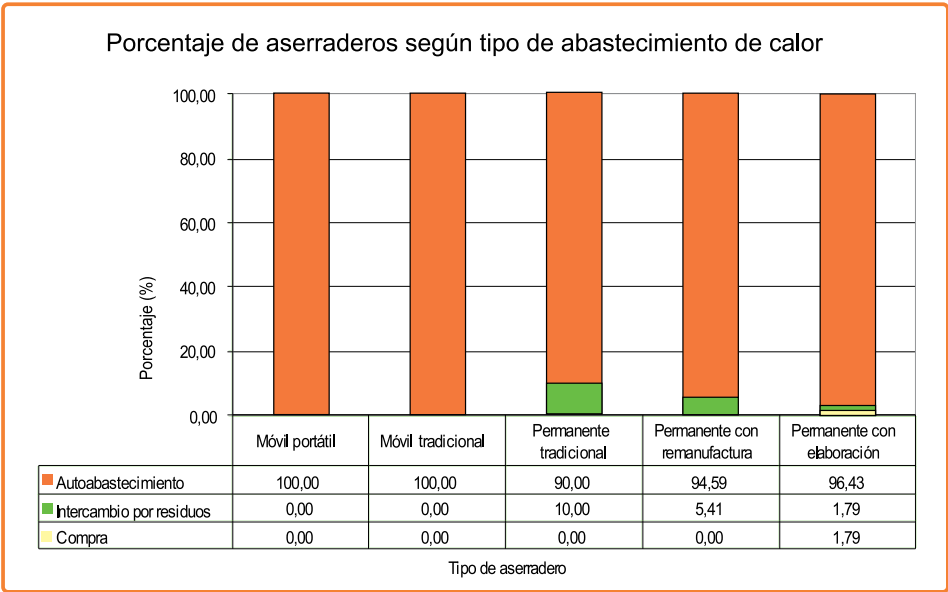


La Tabla 25 y Figura 26 muestra el porcentaje de aserraderos según el tipo de abastecimiento de calor usado en el secado de madera, donde se puede observar que los aserraderos móviles (cuando cuentan con unidad de secado) se autoabastecen en su totalidad; los aserraderos permanentes, en tanto, sólo en un bajo porcentaje buscan un abastecimiento de calor externo, ya sea comprándolo o mediante el intercambio por residuos. En el grupo de aserraderos permanentes, un 10% de los aserraderos tradicionales tienen abastecimiento de calor externo a través del intercambio de residuos; un 5,41% de los aserraderos con remanufactura y un 1,79% de los aserraderos con elaboración. Finalmente, también sólo un 1,79% de los aserraderos con elaboración compran su abastecimiento de calor. Todo esto suma un total de 7 aserraderos que tienen abastecimiento externo de calor para sus procesos de secado de la madera.

Tabla 25: Número de aserraderos con secado según tipo de abastecimiento de calor

Tipo de abastecimiento	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración	Total
Compra	0	0	0	0	1	1
Intercambio por residuos	0	0	3	2	1	6
Autoabastecimiento	3	2	27	35	54	121
Total	3	2	30	37	56	128

Figura 26: Porcentaje de aserradero según tipo de abastecimiento de calor usado para el secado de madera



4.8 Producción de astillas y tapas

Una manera de aumentar los niveles de rendimiento de la madera mediante un aprovechamiento integral de la troza es reprocesar algunos residuos, como son los lampazos y tapas. Una tendencia marcada es la incorporación de nueva maquinaria que permita transformar estos residuos en astillas, las que se venden a las industrias de celulosa, como es el caso de los lampazos; o en piezas de madera de escuadrías menores como ocurre con las tapas (también en algunos casos las tapas son comercializadas para ser usadas como forros en la construcción de cobertizos o viviendas básicas). Estas dos formas de reelaboración de estos desechos, los convierten en subproductos del proceso.

Para este estudio, el volumen generado de subproductos es de 4.192.201 m³ssc, repartido entre un 98.6% para astillas y 1.4% para tapas. La Tabla 26 muestra la distribución de subproductos para el área de estudio.

Tabla 26: Producción de subproductos en la zona de influencia por tipo de aserradero

Región	Tipo de aserradero (m³ ssc/año)					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	0	0	0	0	0,0
V	0	368	2.180	40	282	2.870	0,1
VI	0	392	2.725	23.040	0	26.156	0,6
VII	0	2.403	195.083	242.288	203.501	643.275	15,3
VIII	79	6.087	1.567.646	786.523	503.518	2.863.853	68,3
IX	0	750	139.837	131.164	55.061	326.812	7,8
X	81	823	2.304	143.759	181.838	328.804	7,8
XI	106	0	0	0	0	106	0,0
XII	0	0	201	82	41	325	0,0
RM	0	0	0	0	0	0	0,0
Total	265	10.823	1.909.976	1.326.896	944.241	4.192.201	100,0
%	0,0	0,3	45,6	31,7	22,5	100,0	

4.9 Estimación del volumen anual de residuos madereros en aserraderos (RAE)

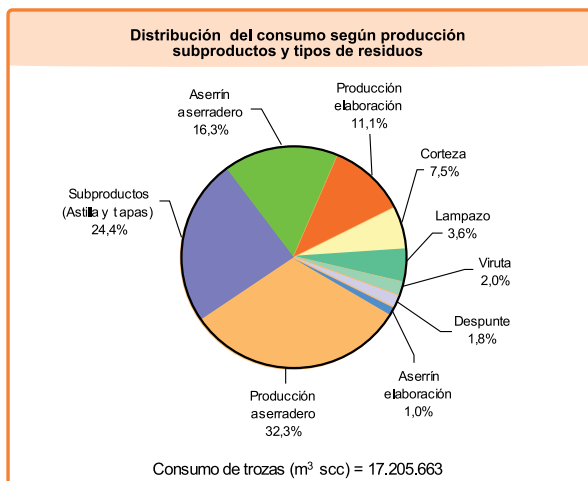
4.9.1 Cuantificación del volumen anual de residuos madereros (RAE)

La estimación del volumen de residuos madereros aprovechables energéticamente (RAE) se determinó siguiendo dos procedimientos: en el primero, se consideró la información aportada por los 34 aserraderos principales identificados según su nivel de producción (mayor a 45.000 m³ssc) y a los cuales sólo se les estimó, según tablas de factores, los valores no informados; y, segundo, en el resto de los aserraderos, en los cuales se trabajó con los valores medios estimados por factores, ya sea de rendimiento en producción como en la generación de residuos (Tablas de factores en Anexo 1).

Siguiendo el procedimiento definido y los resultados de consumo de trozas con corteza de 17.205.663 m³ssc, la producción de madera aserrada de 5.555.154 m³ssc, la producción de madera elaborada de 1.915.659 m³ssc y 4.192.201 m³ssc de subproductos (astillas y tapas), se obtiene que el volumen de residuos madereros generados en el proceso de aserrío alcanza a 3.422.487 m³ssc (constituídos por lampazos y aserrín), adicionándose otros 827.579 m³ssc de residuos madereros por parte de los aserraderos con línea de elaboración o de remanufacturas (aserrín, despuntes, viruta) y 1.292.583 m³ de corteza. En suma, un volumen total de residuos de 5.542.649 m³ssc para el área considerada en el estudio.

Dicho volumen de residuos se distribuye, independiente de los procesos que los generan, de la siguiente forma: 611.844 m³ de lampazos (3,6%), 2.810.643 m³ de aserrín generado por aserraderos (16,3%) y 176.150 m³ de aserrín generado en aserraderos con línea de elaboración o remanufactura (1,0%), 342.106 m³ de viruta (2,0%), 309.323 m³ de despuntes (1,8%) y 1.292.583 m³ de corteza (7,5%). En total, corresponde a 5.542.649 m³ssc equivalentes al 32,2% del consumo total de trozas con corteza (Figura 27).

Figura 27: Distribución del consumo según producción, subproductos y tipo de residuos



Considerando sólo la generación de residuos, el volumen de aserrín proveniente del aserrío corresponde al 50,7% del RAE total, que sumado al aserrín generado por elaboración (3,2%) completan un 53,9%. La corteza representa el 23,3%, lampazos el 11,0%, seguido por la viruta con un 6,2% y los despunte con un 5,6%. Se debe considerar que un importante volumen de lampazos es reutilizado para generar astillas sin corteza, para su comercialización a plantas de celulosa y tableros, lo cual hace disminuir el volumen disponible de RAE (Figura 28).

Figura 28: Distribución de RAE según tipo de residuo

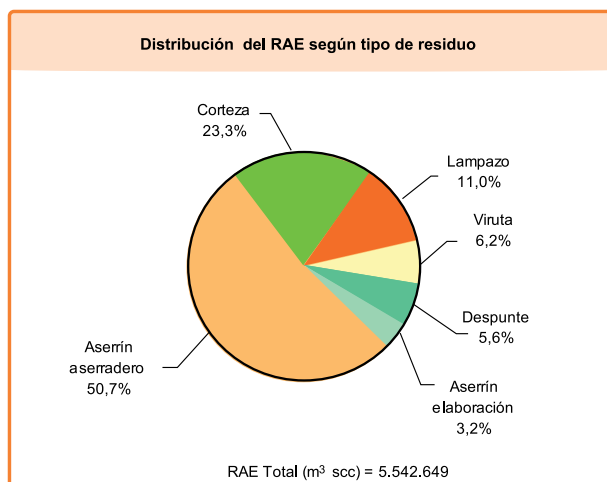
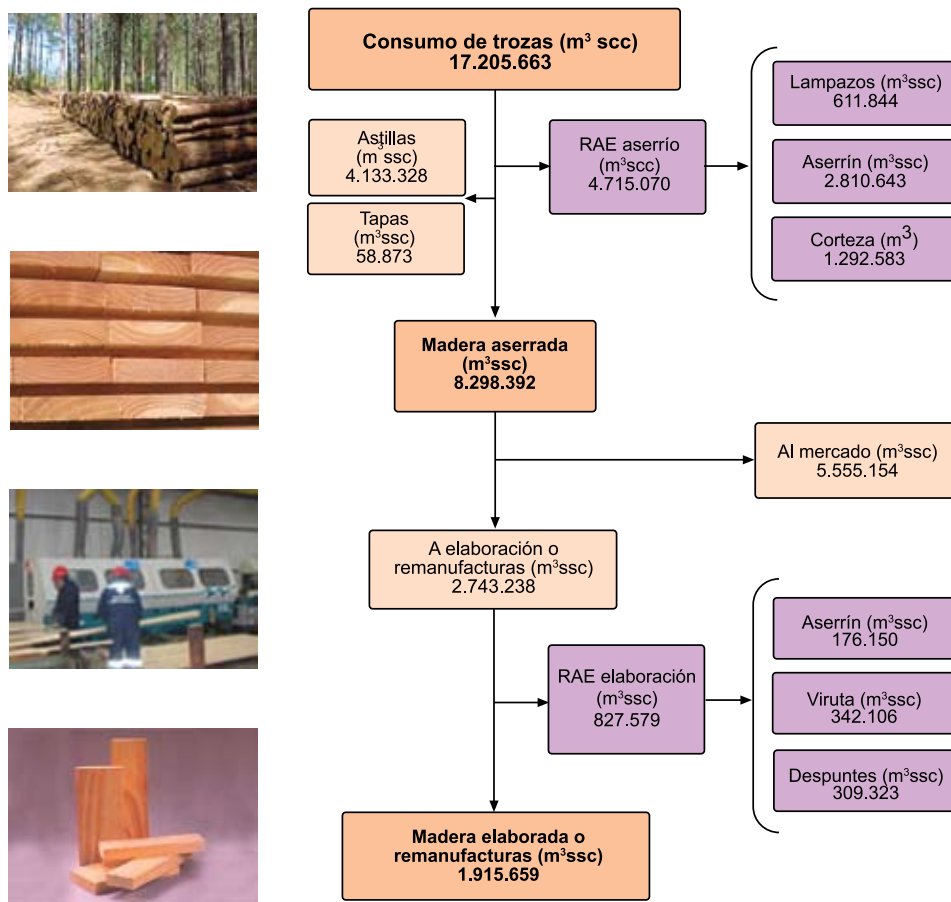


Figura 29: Flujo de producción de madera aserrada y generación de residuos en aserraderos del área de estudio



Para una mejor comprensión del ciclo productivo que conduce a la obtención de los productos (madera aserrada, elaborada y remanufacturas), y la generación de residuos madereros que ello conlleva, se incluye el flujo de producción en la Figura 29, considerando las cifras reales obtenidas en este estudio.

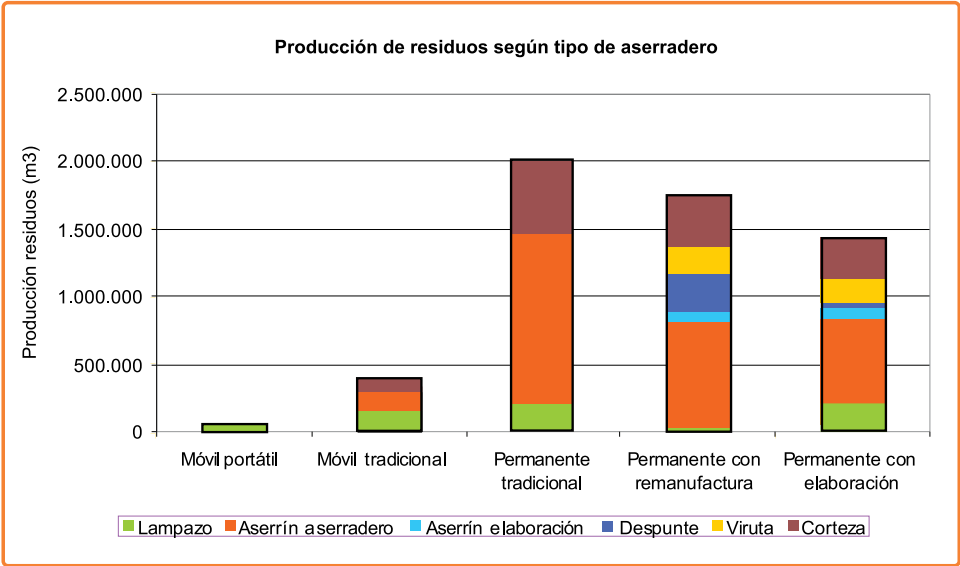
La distribución de los residuos considerando el tipo de aserraderos, muestra que el 92,9% de los residuos es generado por los aserraderos permanentes: 36,3% proviene de los permanentes tradicionales; 30,9% de los aserraderos permanentes con remanufactura y un 25,6% de los aserraderos permanentes con elaboración. La participación de los aserraderos móviles sólo representa un 7,1%, repartido en un 1,1% en móviles portátiles y 6,0% en móviles tradicionales (Tabla 27).

Tabla 27: Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de aserradero	Tipo de residuo (m³/año)						Total	%
	Lampazo	Aserrín aserradero	Aserrín elaboración	Despunte	Viruta	Corteza		
Móvil portátil	42.850	9.783	0	0	0	10.124	62.757	1,1
Móvil tradicional	150.340	136.579	0	0	0	43.523	330.442	6,0
Subtotal móviles	193.190	146.362	0	0	0	53.648	393.200	7,1
Permanente tradicional	194.482	1.255.115	0	0	0	564.262	2.013.859	36,3
Permanente c/remanufact.	10.825	794.392	81.580	271.935	190.354	365.756	1.714.842	30,9
Permanente c/elaboración	213.346	614.775	94.570	37.388	151.752	308.918	1.420.748	25,6
Subtotal permanentes	418.654	2.664.281	176.150	309.323	342.106	1.238.936	5.149.449	92,9
Total	611.844	2.810.643	176.150	309.323	342.106	1.292.583	5.542.649	100,0
%	11,0	50,7	3,2	5,6	6,2	23,3	100,0	

Nota: En Anexo 3 se presenta el volumen de residuos por región según tipo de aserradero.

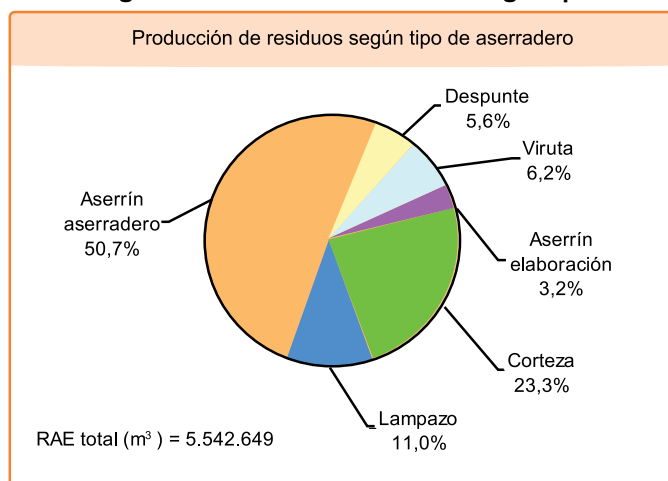
Figura 30: Volumen de residuos según tipo de aserradero



De esta tabla se concluye que en general y examinados individualmente, el mayor volumen anual de residuos madereros se produce en aserraderos del tipo permanentes, correspondiendo principalmente a aserrín, que en su conjunto alcanza el 53,9%. Si sólo se examina individualmente el aserrín en bloque, más del 95% se produce en aserraderos del tipo permanente: 42,0% en los permanentes tradicional, 29,3% en los permanentes

con remanufactura; 23,7% en los permanentes con elaboración. Le siguen la corteza con 23,3%, cantidad que en relación a lampazos (11,0%) se muestra más alta, lo que estaría indicando que una proporción importante del volumen de lampazos se está transformando a astillas. En mucho menor cuantía están viruta y despunte, 6,2% y 5,6%, respectivamente, que se generan en aserraderos con línea de elaboración y remanufacturas. Estos últimos, que producen esencialmente molduras (generan más cantidad de viruta) realizan una clasificación por calidad de la madera más estricta para eliminar defectos y con ello generan mayor cantidad de despunte (87,9%) comparado con los aserraderos con línea de elaboración (12,1%).

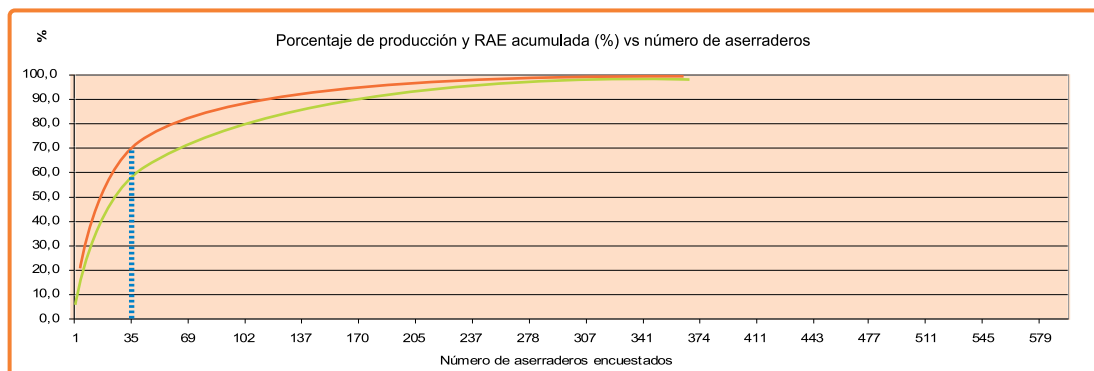
Figura 31: Distribución de residuos según tipo



Es importante señalar, finalmente, que la generación de residuos está altamente concentrada en unos pocos aserraderos. Naturalmente, el volumen de residuos madereros guarda estrecha relación con el volumen de producción (y por ende con el tamaño del aserradero). Tal es así que 25 aserraderos aportan poco más del 50% del volumen total de residuos, en tanto que los 34 aserraderos (que se mencionan en el punto 4.2 y que concentran más del 70% de la producción de madera aserrada; ver también Figura 20) generan el 56,9% (Figura 32). La mayor parte de estos aserraderos cuentan con línea de remanufacturas (en total 14) y aportan el 23,9% del volumen de residuos; le siguen los permanentes tradicionales (en total 12) con el 21,9%, y por último los aserraderos con elaboración (en total 8) con el 11,1% del volumen de residuos.

Es interesante destacar que aún cuando los 34 aserraderos mencionados producen más del 70% del volumen de producción, y podría esperarse con ello que también el aporte relativo en generación de residuos sea también muy alta, el 56,9% de aporte en volumen de residuos está indicando que estas empresas han logrado mayores niveles de rendimiento y una mayor eficiencia en el aprovechamiento de la madera.

Figura 32: Frecuencia acumulada de los residuos madereros generados por los aserraderos permanentes y móviles. Regiones de Coquimbo a Magallanes. 2005



En la Tabla 28 se presenta la generación de residuos en unidad de peso, obteniéndose un total de 3.253.724 toneladas²⁶.

Tabla 28: Toneladas según tipo de residuos y tipo de aserradero (ton/año)

Tipo de aserradero	Tipo de residuo (ton /año)						Total	%
	Lampazo	Aserrín aserradero	Aserrín elaboración	Despunte	Viruta	Corteza		
Móvil portátil	27.852	6.359	0	0	0	3.847	38.059	1,2
Móvil tradicional	97.721	88.776	0	0	0	16.539	203.036	6,2
Subtotal móviles	125.574	95.135	0	0	0	20.386	241.095	7,4
Permanente tradicional	126.414	815.824	0	0	0	214.419	1.156.657	35,5
Permanente c/remanufact.	7.037	516.355	53.027	176.758	123.730	138.987	1.015.893	31,2
Permanente c/elaboración	138.675	399.604	61.470	24.302	98.638	117.389	840.078	25,8
Subtotal permanentes	272.125	1.731.783	114.498	201.060	222.369	470.795	3.012.629	92,6
Total	397.699	1.826.918	114.498	201.060	222.369	491.182	3.253.724	100,0
%	12,2	56,1	3,5	6,2	6,8	15,1	100,0	

4.9.2 Distribución geográfica de los residuos madereros

En relación a la distribución territorial o localización del volumen de residuos madereros se concluye que estos se concentran entre las Regiones del Maule y de Los Ríos y de Los Lagos, con el 94,6% del volumen generado (ver Tabla 29 y Figura 33).

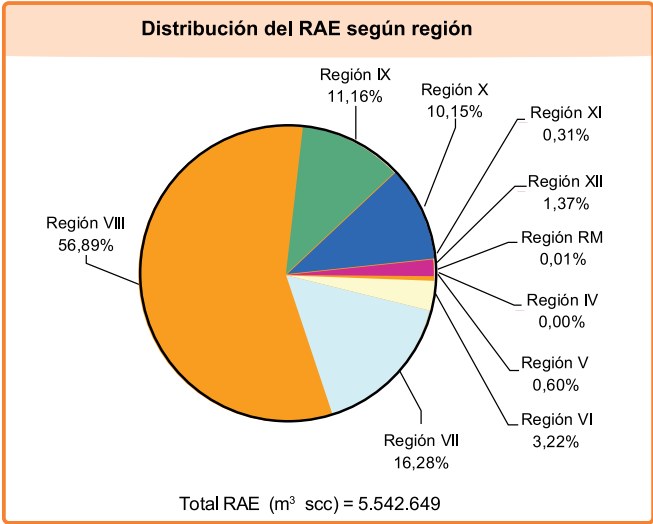
²⁶ Se asume una densidad de 650 kg/m³ para los residuos (excepto corteza, cuyo peso es de 380 kg/m³), valores promedios propios para la especie pino radiata, la que representa más del 95% del volumen total de residuos, a un contenido de humedad media de 50%.

Tabla 29: Distribución regional del volumen de residuos madereros por tipo de aserradero (m³scc/año)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	83	0	0	83	0,0
V	0	4.295	16.279	1.164	11.754	33.491	0,6
VI	1.565	66.916	37.066	46.972	26.176	178.696	3,2
VII	8.081	78.431	242.985	261.695	310.953	902.145	16,3
VIII	7.550	98.293	1.435.782	990.848	620.928	3.153.400	56,9
IX	13.861	51.185	197.679	199.599	156.236	618.560	11,2
X	20.907	29.064	15.540	211.613	285.627	562.750	10,2
XI	10.631	1.398	2.857	2.348	0	17.234	0,3
XII	161	554	65.588	604	9.075	75.982	1,4
RM	0	307	0	0	0	307	0,0
Total	62.757	330.442	2.013.859	1.714.842	1.420.748	5.542.649	100,0
%	1,1	6,0	36,3	30,9	25,6	100,0	

Nota: En Anexo 12 se presenta el volumen por tipo de residuo según provincia y tipo de aserradero.

Figura 33: Distribución del RAE según región



Examinados internamente por tipo de aserradero, el mayor volumen de residuos está comprendido también en los aserraderos permanentes localizados entre las Regiones del Maule y de Los Ríos y de Los Lagos. Sólo en el caso de los aserraderos móviles, la concentración de sus residuos se localiza preponderantemente entre las Regiones de la Araucanía y de Aysén, debido a que procesan esencialmente especies nativas.

Un mayor detalle de la distribución territorial regional para cada uno de los tipos de residuos madereros y por tipo de aserradero, se presenta por separado en el Anexo 10. En la Tabla 30 se presenta la distribución regional de los residuos según unidad de peso.

Tabla 30:
Distribución regional de residuos madereros por tipo de aserradero (ton/año)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	51	0	0	51	0,0
V	0	2.633	9.947	724	7.245	20.549	0,6
VI	959	41.236	22.733	28.429	16.230	109.588	3,4
VII	4.888	48.311	143.387	153.344	185.003	534.934	16,4
VIII	4.593	60.214	813.038	585.730	362.697	1.826.272	56,1
IX	8.419	31.509	116.273	119.835	95.010	371.045	11,4
X	12.658	17.749	9.429	126.023	168.333	334.192	10,3
XI	6.443	857	1.736	1.442	0	10.478	0,3
XII	98	339	40.064	367	5.561	46.428	1,4
RM	0	189	0	0	0	189	0,0
Total	38.059	203.036	1.156.657	1.015.893	840.078	3.253.724	100,0
%	1,2	6,2	35,5	31,2	25,8	100,0	

Nota: En Anexo 6 se presenta, en unidad de peso, la distribución de residuos según provincia y tipo de aserradero.

4.9.3 Distribución regional de los residuos madereros

A continuación se presentan las salidas gráficas obtenidas desde el navegador cartográfico para ilustrar mejor la distribución geográfica regional y la localización o concentración del volumen de residuos madereros producidos por la industria primaria en cada región.

Figura 34: Distribución del RAE total Región de Coquimbo

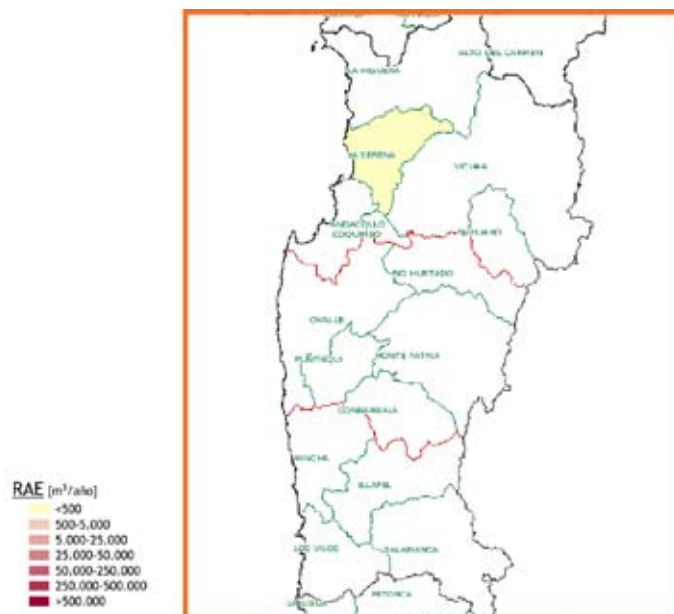


Figura 35: Distribución del RAE total Región de Valparaíso

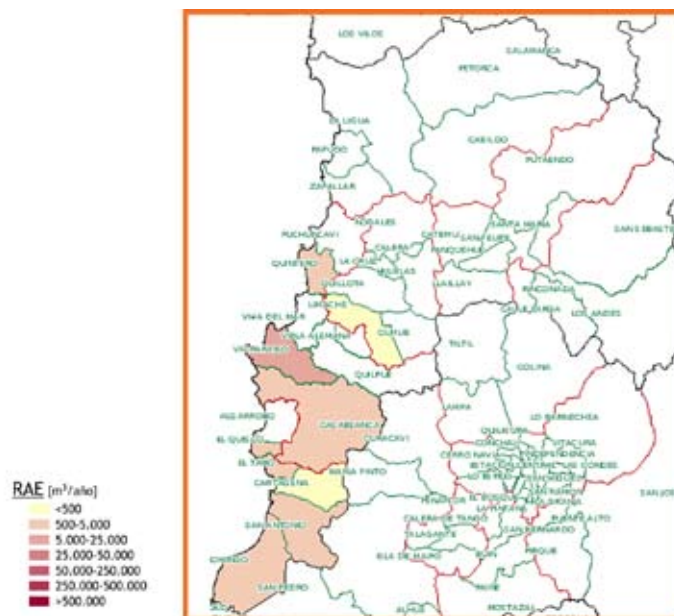


Figura 36: Distribución del RAE total Región Metropolitana

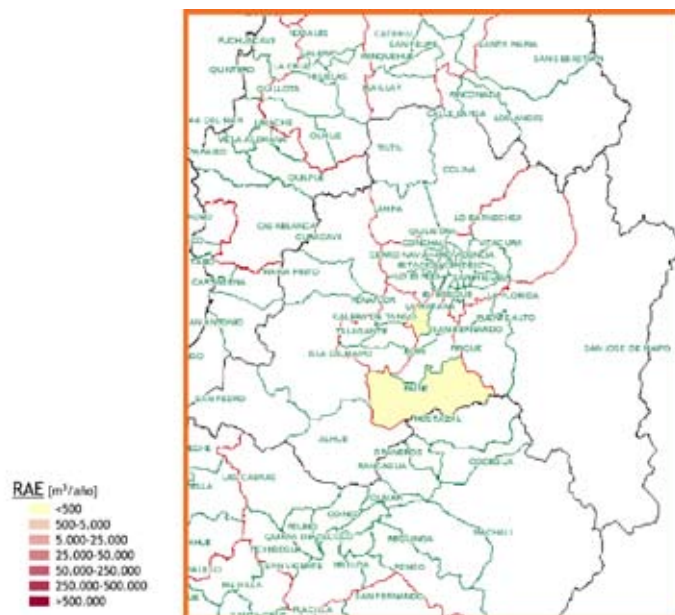


Figura 37: Distribución del RAE total Región del Lib. Bdo. O'Higgins

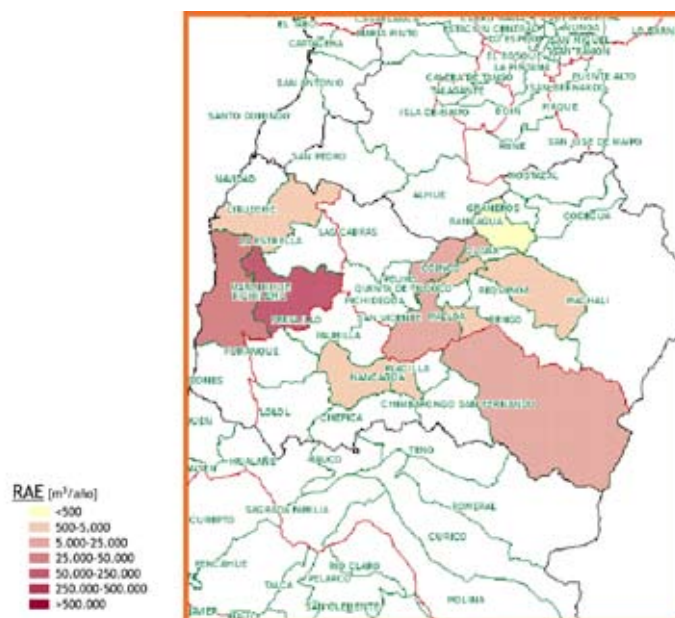


Figura 38: Distribución del RAE total Región del Maule

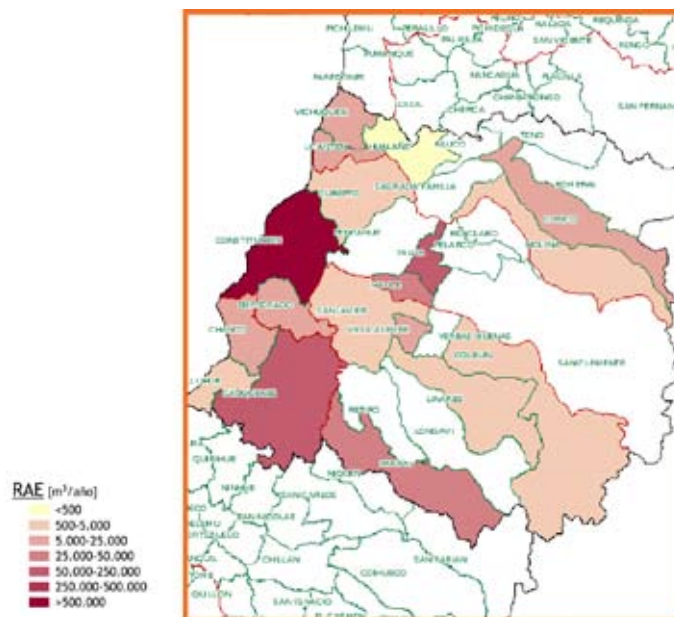


Figura 39: Distribución del RAE total Región del Bío-Bío

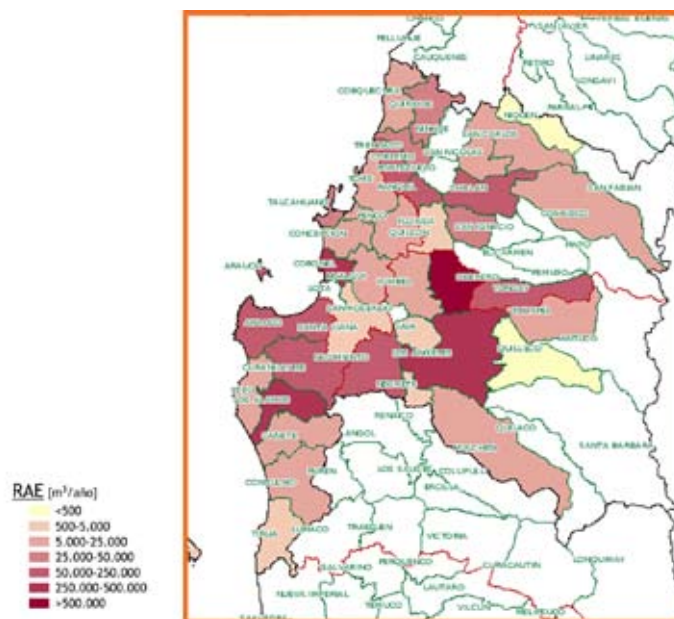
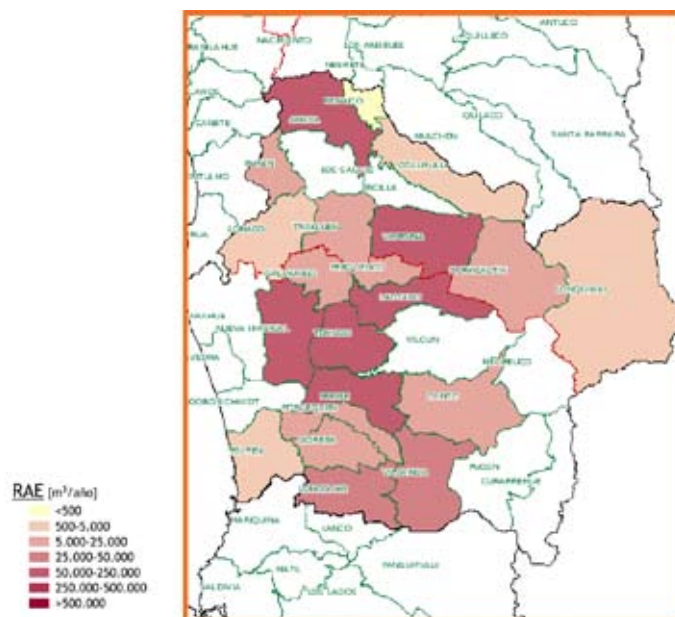
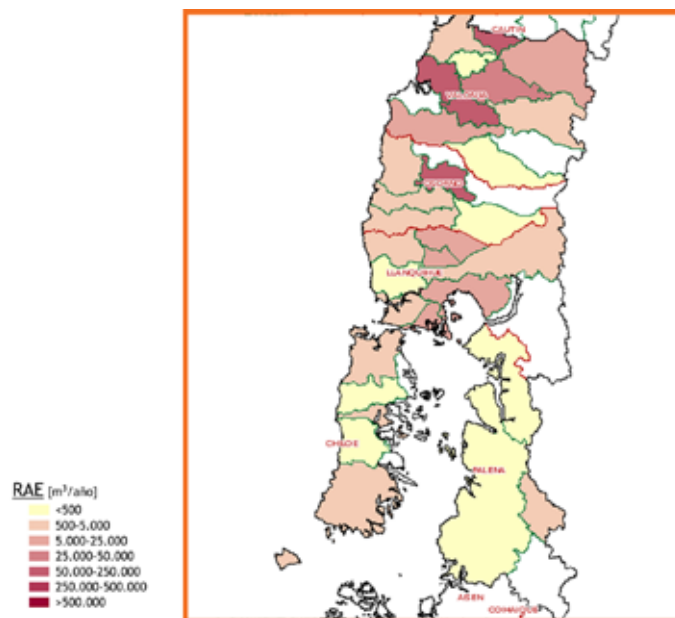


Figura 40: Distribución del RAE total Región de la Araucanía**Figura 41: Distribución del RAE total Regiones de Los Ríos y de Los Lagos**

4.9.4 Disponibilidad y destino de los residuos generados en aserraderos

En correspondencia con el objetivo de estimar con mayor precisión la disponibilidad de los residuos madereros, es necesario conocer qué se hace con ellos luego de ser generados en el proceso productivo. Esto permitirá diferenciar los residuos madereros “libres” y que están siendo comercializados o pueden ser transados en el mercado para generación de energía, de los que están “cautivos” fundamentalmente porque son autoconsumidos por las industrias, principalmente en pro de generar energía térmica para el funcionamiento de las unidades de secado industrial de la madera.

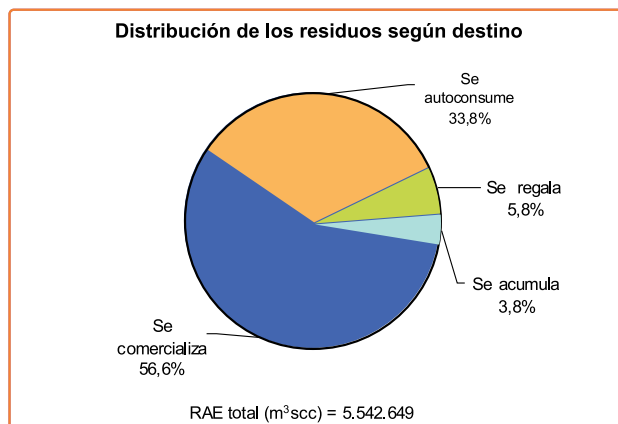
Un 56,6% de los residuos generados por los aserraderos se comercializan a distintas empresas y clientes; un 33,8% se autoconsume en los mismos establecimientos (en calderas que generan vapor para secar la madera), un 5,8% se regala (a la comunidad, trabajadores de la empresa) y sólo un 3,8% se acumula para su disposición posterior o se abandona en las inmediaciones de las instalaciones, situación muy frecuente en aserraderos de tipo móvil (Tabla 31 y Figura 44).

Tabla 31: Destino de los residuos según tipo (m³/año)

Tipo de residuo	Destino (m³/año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	459.477	45.676	91.503	15.188	611.844	11,0
Aserrín aserradero	1.487.923	192.488	976.261	153.971	2.810.643	50,7
Aserrín elaboración	94.810	10.176	66.338	4.827	176.150	3,2
Despunte	119.416	5.019	184.839	48	309.323	5,6
Viruta	115.486	13.611	210.387	2.621	342.106	6,2
Corteza	861.617	57.209	341.382	32.375	1.292.583	23,3
Total	3.138.730	324.179	1.870.710	209.030	5.542.649	100,0
%	56,6	5,8	33,8	3,8	100,0	

Nota: En Anexo 5 se presenta el volumen de RAE por región según destino y tipo de residuo.

Figura 44: Distribución del volumen de residuos según destino



En la Tabla 32 se presenta el destino de los residuos según unidad de peso.

Tabla 32: Destino de los residuos según tipo (ton/año)

Tipo de residuo	Destino (ton/año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	298.660	29.690	59.477	9.872	397.699	12,2
Aserrín aserradero	967.150	125.117	634.570	100.081	1.826.918	56,1
Aserrín elaboración	61.626	6.614	43.119	3.138	114.498	3,5
Despunte	77.621	3.262	120.146	31	201.060	6,2
Viruta	75.066	8.847	136.751	1.704	222.369	6,8
Corteza	327.415	21.739	129.725	12.302	491.182	15,1
Total	1.807.538	195.270	1.123.788	127.129	3.253.724	100,0
%	55,6	6,0	34,5	3,9	100,0	

Considerando el destino de los residuos según el tipo de aserraderos (Tabla 33), los aserraderos móviles comercializan el 53,5% de los 393.200 m³ que generan de residuos y los aserraderos permanentes el 56,6% de su respectivo volumen de residuos. El volumen de autoconsumo es importante en los aserraderos permanentes ya que principalmente se usa como combustible en los procesos de secado de madera, destinándose a este propósito un 33,8% de los residuos que ellos generan.

Tabla 33: Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ ssc/año)

Tipo de aserradero	Destino (m ³ scc año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	32.759	13.026	7.542	9.431	62.757	1,1
Móvil tradicional	177.718	51.527	14.633	86.565	330.442	6,0
Subtotal móviles	210.477	64.553	22.174	95.996	393.200	7,1
%	53,5	16,4	5,6	24,4	100,0	
Permanente tradicional	1.217.417	150.377	581.384	64.681	2.013.859	36,3
Permanente c/remanufactura	858.859	3.659	849.098	3.226	1.714.842	30,9
Permanente c/elaboración	851.977	105.591	418.054	45.127	1.420.748	25,6
Subtotal permanentes	2.928.253	259.626	1.848.535	113.034	5.149.449	92,9
%	56,9	5,0	35,9	2,2	100,0	
Total	3.138.730	324.179	1.870.710	209.030	5.542.649	100,0
%	56,6	5,8	33,8	3,8	100,0	

Nota: En Anexo 4 se presenta el volumen de residuos según destino, por región y tipo de aserradero.

En la Tabla 34 se presenta el destino de los residuos según unidad de peso.

Tabla 34: Destino de los residuos por tipo de aserradero (ton/año)

Tipo de aserradero	Destino (ton/año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	19.649	7.936	4.554	5.920	38.059	1,2
Móvil tradicional	108.507	31.410	8.838	54.282	203.036	6,2
Subtotal móviles	128.156	39.345	13.392	60.201	241.095	7,4
%	53,2	16,3	5,6	25,0	100,0	
Permanente tradicional	693.966	87.566	336.950	38.175	1.156.657	35,5
Permanente c/remanufactura	494.743	2.194	517.546	1.410	1.015.893	31,2
Permanente c/elaboración	490.672	66.164	255.900	27.341	840.078	25,8
Subtotal permanentes	1.679.382	155.925	1.110.396	66.927	3.012.629	92,6
%	55,7	5,2	36,9	2,2	100,0	
Total	1.807.538	195.270	1.123.788	127.129	3.253.724	100,0
%	55,6	6,0	34,5	3,9	100,0	

Haciendo el seguimiento por tipo de residuo, se tiene que el volumen de residuos de lampazo es de 611.844 m³ssc, del cual el destino más importante es la comercialización con un 75,1% de su volumen, seguido por el autoconsumo con 15,0% principalmente como combustible en los procesos de secado de madera (Tabla 35).

Tabla 35: Destino de los lampazos generados en aserraderos (m³ ssc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos de lampazo (m ³ ssc/año)				TOTAL	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	26.075	8.330	5.561	2.884	42.850	7,0
Móvil tradicional	115.959	18.217	7.515	8.650	150.340	24,6
Subtotal móviles	142.033	26.547	13.076	11.534	193.190	31,6
Permanente tradicional	147.234	6.112	37.508	3.629	194.482	31,8
Permanente c/remanufactura	6.605	2.581	1.639	0	10.825	1,8
Permanente c/elaboración	163.605	10.436	39.279	25	213.346	34,9
Subtotal permanentes	317.444	19.130	78.426	3.654	418.654	68,4
Total	459.477	45.676	91.503	15.188	611.844	100,0
%	75,1	7,5	15,0	2,5	100,0	

Nota: En Anexo 12 se presenta el volumen de lampazos según provincia y tipo de aserradero.

Del volumen de aserrín generado en aserraderos (2.810.643 m³ssc) un 52,9% se comercializa y un 34,7% se autoconsume. El volumen que se regala o acumula completa un 12,3% (346.459 m³ssc) que puede considerarse disponible para otros usos (Tabla 36).

Tabla 36: Destino del aserrín generado en aserraderos (m³ ssc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos de aserrín generado en aserradero (m ³ ssc/año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	596	2.728	692	5.767	9.783	0,3
Móvil tradicional	35.797	25.596	4.624	70.562	136.579	4,9
Subtotal móviles	36.393	28.324	5.316	76.329	146.362	5,2
Permanente tradicional	709.609	106.566	392.209	46.730	1.255.115	44,7
Permanente c/remanufactura	402.406	311	391.025	650	794.392	28,3
Permanente c/elaboración	339.515	57.287	187.710	30.263	614.775	21,9
Subtotal permanentes	1.451.530	164.164	970.945	77.642	2.664.281	94,8
Total	1.487.923	192.488	976.261	153.971	2.810.643	100,0
%	52,9	6,8	34,7	5,5	100,0	

En Anexo 12 se presenta el volumen de aserrín generado en aserradero según provincia y tipo de aserradero.

El aserrín generado en los aserraderos con línea de elaboración o remanufactura es de 176.150 m³ssc del cual un 53,8% se comercializa y un 37,7% se autoconsume (Tabla 37).

Tabla 37: Destino del aserrín generado en aserraderos con línea de elaboración o remanufactura (m³ ssc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos de aserrín generado por elaboración (m ³ ssc/año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Permanente c/remanufactura	40.761	9	40.776	33	81.580	46,3
Permanente c/elaboración	54.048	10.166	25.561	4.794	94.570	53,7
Total	94.810	10.176	66.338	4.827	176.150	100,0
%	53,8	5,8	37,7	2,7	100,0	

En Anexo 12 se presenta el volumen de aserrín generado por elaboración según provincia y tipo de aserradero.

En despuntes, de los 309.323 m³ssc producidos en los aserraderos permanentes con remanufacturas y elaboración, un 38,6% se comercializa y un 59,8% de autoconsume, especialmente como combustible para los secadores de madera (Tabla 38).

Tabla 38: Destino de los despuntes generados en aserraderos con línea de elaboración o remanufactura (m³ ssc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos de despunte generado por elaboración (m³ ssc/año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Permanente c/remanufactura	103.859	62	168.013	0	271.935	87,9
Permanente c/elaboración	15.557	4.957	16.826	48	37.388	12,1
Total	119.416	5.019	184.839	48	309.323	100,0
%	38,6	1,6	59,8	0,0	100,0	

En Anexo 12 se presenta el volumen de despuntes según provincia y tipo de aserradero.

En los residuos de virutas, el 33,8% de los 342.106 m³ssc totales producidos, se comercializa y un 61,5% se autoconsume (Tabla 39).

Tabla 39: Destino de la viruta generada en aserraderos con línea de elaboración o remanufactura (m³ ssc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos de viruta generado por elaboración (m³ ssc/año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Permanente c/remanufactura	69.985	13	120.356	0	190.354	55,6
Permanente c/elaboración	45.501	13.598	90.031	2.621	151.752	44,4
Total	115.486	13.611	210.387	2.621	342.106	100,0
%	33,8	4,0	61,5	0,8	100,0	

En Anexo 12 se presenta el volumen de viruta según provincia y tipo de aserradero.

En relación al destino de la corteza, cuyo volumen masivamente (casi 96%) se genera en aserraderos del tipo permanente, más de dos tercios se comercializa (66,7%), un 26,4% se autoconsume en las propias industrias, y una mínima proporción se regala o acumula, 4,4% y 2,5%, respectivamente (Tabla 40).

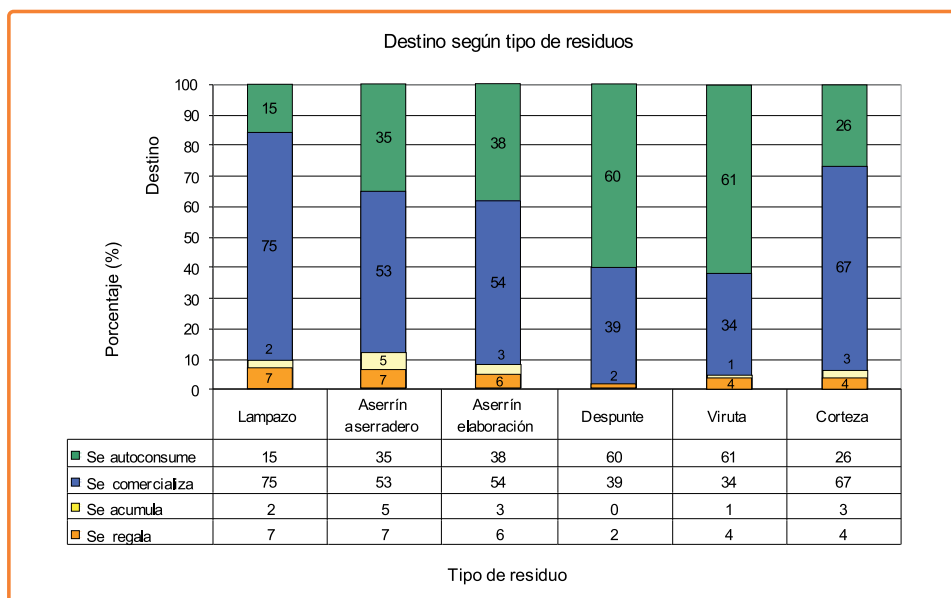
Tabla 40: Destino de la corteza generada en aserraderos (m³ sólidos/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos de corteza (m³ sólidos/año)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	6.088	1.967	1.289	780	10.124	0,8
Móvil tradicional	25.962	7.714	2.493	7.354	43.523	3,4
Subtotal móviles	32.051	9.682	3.782	8.133	53.648	4,2
Permanente tradicional	360.574	37.698	151.667	14.322	564.262	43,7
Permanente c/remanufactura	235.242	683	127.288	2.543	365.756	28,3
Permanente c/elaboración	233.750	9.146	58.646	7.376	308.918	23,9
Subtotal permanentes	829.567	47.527	337.601	24.241	1.238.936	95,8
Total	861.617	57.209	341.382	32.375	1.292.583	100,0
%	66,7	4,4	26,4	2,5	100,0	

En Anexo 12 se presenta el volumen de corteza según provincia y tipo de aserradero.

La Figura 45 esquematiza la proporción de residuos según tipo que actualmente estaría en rigor disponible, como son los desechos que se acumulan o regalan (señalado en amarillo y naranja en la base de las barras).

Figura 45: Destino según tipo de residuos



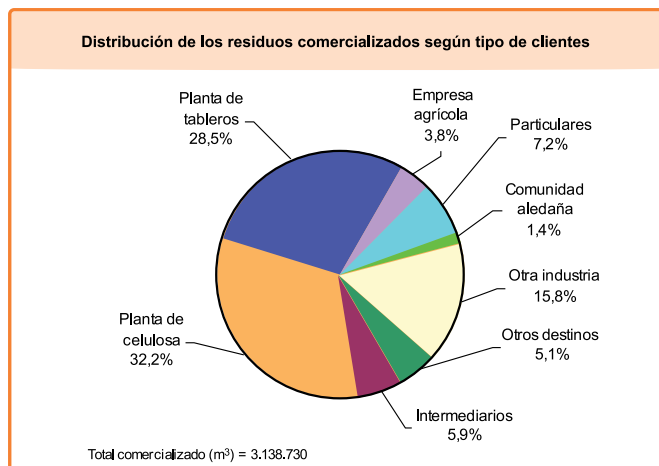
Los residuos que actualmente son autoconsumidos por los establecimientos para satisfacer sus necesidades de energía, difícilmente se liberarán dado que constituyen una fuente de abastecimiento sin costo para las propias empresas.

Por su parte, lo que es comercializado, sólo estará disponible para otros usos distintos a los actuales dependiendo de la disposición a pagar un mejor precio por parte de los nuevos clientes. Al respecto, se puede indicar que los residuos comercializados se canalizan a diferentes clientes, donde los principales son las plantas de celulosa con un 32,2% y las plantas de tableros con un 28,5%, que utilizan los desechos como materia prima en el proceso de fabricación de los tableros aglomerados y también consume lampazos y despuntes para energía.

El volumen total de desechos comercializados es de 3.138.730 m³, de los cuales el 50,4% corresponde a aserrín, seguido con un 27,5% para corteza. (Tabla 41 y Figura 46).

Tabla 41: Comercialización de residuos según tipo de clientes (m³ sólidos/año)

Tipo de desechos	Clientes								Total	%
	Intermed.	Planta de celulosa	Planta de tableros	Empresa agrícola	Particul.	Comunidad aledaña	Otras industrias	Otros destinos		
Lampazos	140.811	152.652	17.618	2.527	91.072	40.860	2.024	11.913	459.477	14,6
Despuntos	34.760	109	29.961	887	43.173	1.532	2.865	6.129	119.416	3,8
Corteza	0	384.849	203.276	18.758	20.119	0	203.108	31.507	861.617	27,5
Viruta	1.678	18.130	56.567	11.572	255	316	19.504	7.464	115.486	3,7
Aserrín	9.354	455.826	588.082	85.504	70.774	1.528	283.858	87.806	1.582.733	50,4
Total	186.603	1.011.567	895.504	119.248	225.394	44.237	495.457	160.720	3.138.730	100,0
%	5,9	32,2	28,5	3,8	7,2	1,4	15,8	5,1	100,0	

Figura 46: Comercialización de residuos según tipo de clientes

La creciente disponibilidad de madera de plantaciones industriales (esencialmente de Pino radiata y Eucalipto) ha impulsado a empresas forestales a un fuerte proceso de inversiones para el desarrollo de productos y apertura de mercados para comercializar y dar valor a estos recursos forestales. En el presente año se observan en el sector forestal carteras de proyectos con montos de inversión por más de US\$2.500 millones, los que estarán demandando nuevos recursos madereros. Los principales proyectos radican en la industria de celulosa y tableros, entre los que destacan la Planta Nueva Aldea de Celulosa Arauco, la ampliación en la capacidad instalada de la Planta Santa Fé de CMPC y la Planta de Tableros MDF de MASISA. Estas plantas industriales, instaladas como una suerte de complejos productivos generalmente integradas con plantas de aserrío, como sabemos son las principales demandantes de residuos madereros que son aprovechados para generación de energía, como también constituyen insumos para la producción de algunos

tipos de tableros (particle board, MDF, hardboard). Consultadas estas empresas y especialmente los encargados de abastecimiento de residuos biomásicos de las plantas de generación de energía para estos complejos (Arauco Generación S.A. y Energía Verde S.A.) señalan estar enfrentando una competencia creciente por residuos lo que promoverá una mayor dinámica en el mercado de estos recursos que tenderán a la escasez.

El aumento en la producción de celulosa, promovida por las alzas de precios de este producto en el mercado internacional, demandará mayor cantidad de astillas sin corteza, lo que impulsará a que los aserraderos (principalmente pymes) incorporen progresivamente en sus líneas de producción maquinaria descortezadora y astilladora, que como se ha señalado es un proceso que ya está en marcha en varias de estas unidades. Con esto se posibilitará que una mayor cantidad de lampazos hoy considerados residuos sean transformados por estas empresas en astillas y se ofrezcan al mercado, mejorando estas empresas su rentabilidad, la que se ha visto últimamente muy afectada por la escasez y alza en el precio de las trozas y menores márgenes de comercialización de la madera aserrada, sobre todo en aquellas industrias que no poseen bosques propios.

Por su parte las nuevas instalaciones de plantas de tableros (principalmente MASISA) y el aumento en la producción conllevan un incremento en la demanda de aserrín y viruta, que se utilizan en una proporción de 55% del total de insumos o materia prima. La fusión de los grupos MASISA y TERRANOVA en el año 2001, incrementó fuertemente la producción de este sector en el período 2001-2004, lo que unido a las nuevas inversiones para el año 2006, como es la Planta de Tableros MDF en la Región del Bío-Bío, darán un nuevo impulso a la demanda de este tipo de residuos.

Finalmente, y conjuntamente con mencionar otros demandantes de residuos madereros, como el sector agroindustrial (productores de berries, criaderos de animales) actividades en aumento sostenido, es menester señalar lo que en opinión de algunos expertos podría constituirse en un importante demandante de residuos, principalmente aserrín. Hablamos de la industria de pellets, algunas de ellas ya instalándose en la Región del Bío-Bío; otras en etapa de prefactibilidad, como es el caso de la Unidad de Pelletización y Abastecimiento de la Planta de Bioenergía de Laguna Verde, Región de Valparaíso, proyecto que ha resultado preseleccionado en el segundo concurso 2006 de ERNC (CORFO/CNE).

Precios

En relación a los precios, se debe señalar que esta materia fue tratada en las encuestas como información accesoria o adicional; en la mayoría de los casos las encuestas no registran información de precios; en otros, los valores informados fueron registrados por el encuestador sin reservas, ni menos analizar la veracidad o consistencia de las respuestas. Por otra parte, para el caso de los datos que fueron registrados, éstos presentan una alta dispersión de valores, por tal razón se procedió a filtrar la base de datos de los valores extremos para obtener promedios más ajustados. Por lo tanto, y en

este contexto, los datos colectados deben considerarse sólo como una referencia, o como la mejor contribución posible en esta materia.

El precio de comercialización de los desechos se presenta en la Tabla 42, considerando el valor de venta en el origen y puesto en planta. En ella se puede observar que el valor promedio de los lampazos puesto en el aserradero alcanza un valor de \$2.854 por metro estéreo²⁷, los despuntes un valor de \$3.421/metro estéreo; el aserrín tiene un valor promedio de \$704 por metro estéreo, la viruta de \$746/metro estéreo y la corteza libre alcanza a \$670/metro estéreo. El valor de los residuos puesto en destino tiene un incremento en el precio, debido al flete, en donde el mayor precio es para los despuntes con \$4.900/metro estéreo y el menor valor de venta puesto en destino es para la corteza con \$1.057/metro estéreo.

Tabla 42: Precios medios por unidad según tipo de residuos

Tipo de residuo	Precio de venta \$/metro estéreo	
	Origen	Destino
Lampazo	\$ 2.854	\$ 4.435
Despunte	\$ 3.421	\$ 4.900
Corteza	\$ 670	\$ 1.057
Viruta	\$ 746	\$ 1.229
Aserrín	\$ 704	\$ 1.313

En Anexo 7 se presentan tablas con los valores promedio de precios por tipo de residuo y región, según si es precio de origen o de destino.

Alternativamente las plantas de celulosa adquieren astillas sin corteza, cuyo precio de venta es de \$3.836/metro estéreo (Tabla 43).

Tabla 43: Precios medios por unidad para astillas sin corteza

Subproducto	\$/metro estéreo
Astillas sin corteza para producción de celulosa	3.836

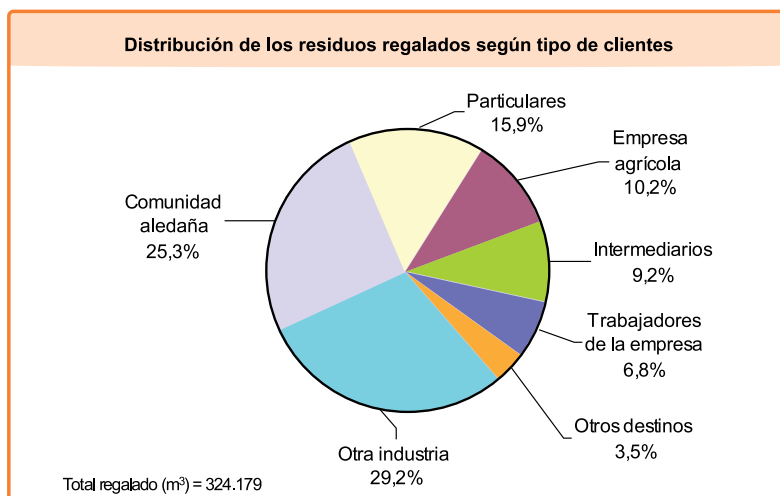
En Anexo 7 se presentan tablas con los valores promedio de precios de astillas por región.

En otro orden, se observa en la Tabla 44 que una porción importante de los residuos que se regalan corresponden a aserrín (62,5%), seguidos de corteza con un 17,6% y lampazos con un 14,1%. El destino más importante corresponde a la comunidad aledaña que concentra el 25,3%, y otras industrias con el 29,2%, como son plantas de celulosa, tableros, productores de compost y otros. Los particulares concentran el 15,9% y el resto está distribuido entre intermediarios, trabajadores de la empresa, criaderos de animales y otros destinos.

²⁷ 1 metro estéreo = una pila de 1 x 1 x 1 m.

Tabla 44: Destino de los residuos regalados según tipo de clientes (m³ sólidos/año)

Tipo de desechos	Clientes							Total	%
	Intermedia-rios	Empresa agrícola	Particula-res	Trabajadores de la empresa	Comunidad aledaña	Otra industria	Otros destinos		
Lampazos	0	0	7.349	15.701	21.802	0	824	45.676	14,1
Despuntos	0	0	2.167	2.228	624	0	0	5.019	1,5
Corteza	12.656	0	5.931	0	10.432	28.189	0	57.209	17,6
Viruta	881	2.325	4.635	0	1.176	2.190	2.404	13.611	4,2
Aserrín	16.246	30.893	31.318	4.012	47.903	64.202	8.090	202.664	62,5
Total	29.783	33.218	51.400	21.941	81.937	94.582	11.318	324.179	100,0
%	9,2	10,2	15,9	6,8	25,3	29,2	3,5	100,0	

Figura 47: Distribución de los residuos regalados según tipo de clientes

Finalmente, en relación a los residuos que se autoconsumen (Tabla 45), en términos generales estos son empleados mayoritariamente (95,1%) para alimentar la caldera de los secadores artificiales. También existen destinos diferentes a éste, pero que también tienen que ver con su uso para energía ya sea para el hogar del empresario o para autogeneración (por ejemplo, caldera utilizada para fuerza motriz).

Tabla 45: Destino de los residuos que se autoconsumen (m³ sólidos/año)

Tipo de desechos	Destino autoconsumo		Total	%
	Secador	Otro destino		
Lampazos	60.503	31.000	91.503	4,9
Despuntos	184.321	518	184.839	9,9
Corteza	331.277	10.105	341.382	18,2
Viruta	210.387	0	210.387	11,2
Aserrín	992.167	50.431	1.042.598	55,7
Total	1.778.655	92.055	1.870.710	100,0
%	95,1	4,9	100,0	

5. Resumen de resultados

Este estudio entrega los resultados finales de la estimación de la disponibilidad de residuos aprovechables energéticamente (RAE), provenientes de la industria primaria de la madera. El área de estudio consideró los aserraderos móviles y permanentes operativos actualmente, y que se ubican entre las Regiones de Coquimbo y Magallanes, incluida la Región Metropolitana.

Del grupo de aserraderos móviles, la estimación de los valores a nivel poblacional, consideró una muestra de 102 aserraderos móviles portátiles y 152 aserraderos móviles tradicionales. Para el grupo de aserraderos permanentes se realizó un censo de los 341 aserraderos existentes y trabajando, completándose un total de 595 aserraderos encuestados.

El pino radiata constituye la especie más utilizada, con un 96,7% del consumo; luego están las especies nativas con un 1,9%; álamo con 0,6%; pino oregón con 0,6% y otras especies con el 0,2% restante.

Los valores obtenidos, libres de corteza, muestran una producción total de madera aserrada de 5.555.154 m³ssc, en donde el 93,8% es aportado por los aserraderos permanentes, el 1,2% por los aserraderos móviles portátiles y un 5,0% por los aserraderos móviles tradicionales. La producción de madera elaborada alcanza a 1.915.659 m³ssc en donde un 55,2% es generado por aserraderos con remanufactura y un 44,8% por aserraderos con elaboración. Los consumos asociados logran un volumen total de 17.205.663 m³ssc, manteniéndose las proporciones anteriores, con un 95,6% para los aserraderos permanentes; 0,8% y 3,6% para los aserraderos móviles portátiles y móviles tradicionales, respectivamente.

Los niveles de producción y consumo entregan un rendimiento general de 52%, para la producción de madera aserrada, generando en esta etapa residuos de lampazo y aserrín, además de un volumen astillas y tapas, provenientes de la utilización de los lampazos. Parte del volumen generado de madera aserrada, se reprocesa para generar madera elaborada o de remanufactura, con lo cual se genera un nuevo volumen de residuos, del tipo despunte, viruta y aserrín. Considerando el total de consumo con corteza, los resultados muestran que el volumen de lampazo es de 611.844 m³ssc (3,6%); el aserrín, proveniente de las dos etapas, es de 2.986.793 m³ssc (17,4%); el volumen de despuntes es de 309.323 m³ssc (1,8%), el volumen de viruta es de 342.106 m³ssc (2,0%) y, por

último, la corteza alcanza a 1.292.583 m³ (7,5%), completándose un volumen de RAE de **5.542.649 m³sc**, correspondiente al 32,2% del volumen (sc) de trozas consumido. La diferencia de 67,8% se distribuye de la siguiente forma: 5.555.154 m³sc (32,3%) de madera aserrada; 1.915.659 m³sc (11,1%) de madera elaborada; 4.133.328 m³sc (24,0%) de astillas; y 58.873 m³sc (0,4%) de tapas. El equivalente en unidades de peso del RAE es de **3.253.724 toneladas**.

La disponibilidad y destinos que tienen los residuos obtenidos principalmente son: la comercialización con un 56,6%, seguido del autoconsumo con un 33,8%, y en menor medida, se regala o acumula, con un 5,8% y 3,8% respectivamente.

6. Bibliografía

1. CELIS, P. 2001. Propositiones para el manejo de residuos de la industria de transformación mecánica de la madera en la Región Metropolitana. Tesis. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 11p.
2. FUNDACION CHILE 1983. Estudio sobre el aprovechamiento de los residuos agroforestales y la industrialización de hortalizas. Fundación Chile, Intec-Chile. Santiago, Chile.
3. INFOR 1987. Tablas de conversión mecánica y elaboración. Instituto Forestal, manual N° 15, Santiago, Chile.
4. INFOR 1989. Principios de organización y operación del aserradero. Instituto Forestal, manual N°16, Santiago, Chile.
5. INFOR 1997. Boletín estadístico N° 53 “La industria secundaria de la madera en la IX y X Región”. Instituto Forestal. Santiago, Chile.
6. INFOR 2003. Boletín estadístico N° 96 “La industria del aserrío”. Instituto Forestal. Santiago, Chile.
7. STOLZENBACH, C. 1973. Comparación del rendimiento de trozas de pino insigne (*Pinus radiata* D. DON) aserradas en distintos tipos de aserraderos. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. 142p.
8. WETTLING, A. 1965. Rendimiento de trozas en aserraderos. Instituto Forestal. Informe técnico N° 12. Santiago, Chile. 14p.

7. Anexos

Anexo 1: Factores de conversión de unidades de volumen

Tabla de factores de conversión de metro estéreo a m³ sólidos

Tipo	Metro estéreo	Factor
Lampazos	1	0,68
Aserrín	1	0,31
Despuntos	1	0,68
Viruta	1	0,31
Corteza	1	0,66
Astillas sin corteza	1	0,43

Fuente: Determinaciones propias en base a mediciones realizadas en aserraderos y antecedentes indicados en Manual N° 15 "Tablas de Conversión Mecánica y Elaboración", INFOR, 1987.

Tabla de factores de conversión desde unidades locales de medida a m³ de madera (aserrada, dimensionada, elaborada)

Unidad	Factor
Pulgada maderera (PM) nativa	0,0236
Pulgada pinera	0,0206
Metro cúbico (m3)	1,0000

Fuente: Manual N° 15 "Tablas de Conversión Mecánica y Elaboración".
INFOR, 1987.

Factores de conversión para rendimiento de producción de madera aserrada y desechos en función del consumo (m³ ssc), por tipo de sierra principal¹.

Aserraderos tradicionales			Tipo de residuo	
Tipo de aserradero	Rendimiento producción	Sierra principal	Lampazo	Aserrín
Móvil portátil	48,0	CE	34,0	18,0
Móvil portátil	48,0	CH	31,0	21,0
Móvil portátil (Wood-Mizer)	55,0	HH	37,0	8,0
Móvil portátil	38,0	SC	34,0	28,0
Móvil tradicional	45,5	CS	29,5	25,0
Móvil tradicional	45,5	CV	29,5	25,0
Permanente	48,0	AL	30,0	22,0
Permanente	40,0	CC	38,0	22,0
Permanente	48,0	CD	31,2	20,8
Permanente	48,0	CH	31,0	21,0
Permanente	48,0	CS	29,5	22,5
Permanente	46,0	CV	30,6	23,4
Permanente	55,0	HH	26,8	18,2
Permanente	52,0	HI	37,0	11,0
Permanente	50,0	HM	32,0	18,0
Permanente	48,0	HP	31,0	21,0
Permanente	48,0	HV	31,0	21,0
Permanente	48,0	MU	30,6	21,4
Permanente	56,7	OC	31,0	21,0

Código	Tipo de sierra
HH	Huíncha Horizontal
HV	Huíncha Vertical
HP	Huíncha Paralela (doble)
CS	Circular Simple
CD	Circular Doble
CV	Circular Vertical
SC	Sierra Cadena (Chain Saw)
CE	Circular Escuadra
HM	Huíncha Múltiple
CC	Chipper Canter
AL	Alternativa
HI	Huíncha con carro inclinado
CH	Circular Horizontal

1 Fuente: INFOR. Elaboración propia, colaboración de Oscar Wettling (2005) y recopilación de datos de terreno. Además ver O. Wettling (1965), INFOR. Informe Técnico N°12. Rendimiento de trozas en aserraderos.

Aserraderos con elaboración o remanufactura

Tipo de aserradero	Rendimiento producción	Sierra principal	Tipo de desecho					
			Elaboración			Remanufactura		
			Despunte	Viruta	Aserrín	Despunte	Viruta	Aserrín
Permanente	48,0	AL	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	40,0	CC	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	48,0	CD	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	48,0	CH	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	48,0	CS	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	46,0	CV	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	55,0	HH	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	52,0	HI	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	50,0	HM	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	48,0	HP	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	48,0	HV	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	48,0	MU	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7
Permanente	56,7	OC	1,7	6,9	4,3	9,0	6,3	2,7

Código	Tipo de sierra
HH	Huincha Horizontal
HV	Huincha Vertical
HP	Huincha Paralela (doble)
CS	Circular Simple
CD	Circular Doble
CV	Circular Vertical
SC	Sierra Cadena (Chain Saw)
CE	Circular Escuadra
HM	Huincha Múltiple
CC	Chipper Canter
AL	Alternativa
HI	Huincha con carro inclinado
CH	Circular Horizontal

Anexo 2: Distribución de residuos según región

Distribución de residuos de lampazo según región (m³)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	41	0	0	41	0,0
V	0	1.837	7.272	417	4.836	14.363	2,3
VI	1.110	31.512	17.158	0	10.690	60.470	9,9
VII	5.534	36.001	45.464	0	42.771	129.770	21,2
VIII	5.236	43.042	62.347	5.425	55.895	171.945	28,1
IX	9.598	23.830	20.974	3.688	36.221	94.310	15,4
X	14.197	13.064	6.837	0	58.709	92.807	15,2
XI	7.065	653	1.397	1.066	0	10.180	1,7
XII	111	257	32.991	231	4.224	37.814	6,2
RM	0	144	0	0	0	144	0,0
Total	42.850	150.340	194.482	10.825	213.346	611.844	100,0
%	7,0	24,6	31,8	1,8	34,9	100,0	

Distribución de residuos de aserrín de aserradero según región (m³)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	31	0	0	31	0,0
V	0	1.869	6.657	348	3.640	12.514	0,4
VI	240	27.037	14.873	23.483	7.629	73.262	2,6
VII	1.197	32.545	143.620	124.957	129.965	432.284	15,4
VIII	1.149	41.635	928.174	462.060	299.363	1.732.382	61,6
IX	2.075	20.831	131.450	91.183	63.968	309.507	11,0
X	3.261	11.768	6.215	91.399	107.320	219.963	7,8
XI	1.838	553	1.010	722	0	4.123	0,1
XII	24	218	23.085	239	2.889	26.455	0,9
RM	0	122	0	0	0	122	0,0
Total	9.783	136.579	1.255.115	794.392	614.775	2.810.643	100,0
%	0,3	4,9	44,7	28,3	21,9	100,0	

Distribución de residuos de despunte según región (m³)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	0	0	0	0	0,0
V	0	0	0	139	239	378	0,1
VI	0	0	0	7.851	652	8.503	2,7
VII	0	0	0	37.336	9.861	47.197	15,3
VIII	0	0	0	153.679	15.045	168.724	54,5
IX	0	0	0	34.023	4.192	38.216	12,4
X	0	0	0	38.764	7.305	46.069	14,9
XI	0	0	0	124	0	124	0,0
XII	0	0	0	19	94	113	0,0
RM	0	0	0	0	0	0	0,0
Total	0	0	0	271.935	37.388	309.323	100,0
%	0,0	0,0	0,0	87,9	12,1	100,0	

Distribución de residuos de viruta según región (m³)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente Tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	0	0	0	0	0,0
V	0	0	0	97	971	1.068	0,3
VI	0	0	0	5.496	2.648	8.144	2,4
VII	0	0	0	26.135	40.022	66.158	19,3
VIII	0	0	0	107.575	61.066	168.641	49,3
IX	0	0	0	23.816	17.015	40.832	11,9
X	0	0	0	27.135	29.650	56.784	16,6
XI	0	0	0	87	0	87	0,0
XII	0	0	0	13	380	393	0,1
RM	0	0	0	0	0	0	0,0
Total	0	0	0	190.354	151.752	342.106	100,0
%	0,0	0,0	0,0	55,6	44,4	100,0	

Distribución de residuos de aserrín de elaboración según región (m³)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	0	0	0	0	0,0
V	0	0	0	42	605	647	0,4
VI	0	0	0	2.355	1.650	4.006	2,3
VII	0	0	0	11.201	24.942	36.142	20,5
VIII	0	0	0	46.104	38.055	84.159	47,8
IX	0	0	0	10.207	10.604	20.811	11,8
X	0	0	0	11.629	18.477	30.106	17,1
XI	0	0	0	37	0	37	0,0
XII	0	0	0	6	237	242	0,1
RM	0	0	0	0	0	0	0,0
Total	0	0	0	81.580	94.570	176.150	100,0
%	0,0	0,0	0,0	46,3	53,7	100,0	

Distribución de residuos de corteza según región (m³)

Región	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
IV	0	0	10	0	0	10	0,0
V	0	589	2.349	121	1.463	4.521	0,3
VI	216	8.366	5.035	7.788	2.907	24.311	1,9
VII	1.350	9.885	53.901	62.065	63.393	190.595	14,7
VIII	1.165	13.615	445.260	216.005	151.503	827.549	64,0
IX	2.189	6.525	45.256	36.681	24.235	114.885	8,9
X	3.449	4.232	2.488	42.687	64.165	117.022	9,1
XI	1.729	192	450	313	0	2.684	0,2
XII	26	79	9.512	97	1.252	10.966	0,8
RM	0	40	0	0	0	40	0,0
Total	10.124	43.523	564.262	365.756	308.918	1.292.583	100,0
%	0,8	3,4	43,7	28,3	23,9	100,0	

Anexo 3:

Total residuos por región según tipo de aserradero (m³/año)

Región de Coquimbo:

Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	0	0	41	0	0	41	49,5
Aserrín aserradero	0	0	31	0	0	31	37,9
Despunte	0	0	0	0	0	0	0,0
Viruta	0	0	0	0	0	0	0,0
Aserrín elaboración	0	0	0	0	0	0	0,0
Corteza	0	0	10	0	0	10	12,6
Total	0	0	83	0	0	83	100,0
%	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	

Región de Valparaíso:

Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	0	1.837	7.272	417	4.836	14.363	42,9
Aserrín aserradero	0	1.869	6.657	348	3.640	12.514	37,4
Despunte	0	0	0	139	239	378	1,1
Viruta	0	0	0	97	971	1.068	3,2
Aserrín elaboración	0	0	0	42	605	647	1,9
Corteza	0	589	2.349	121	1.463	4.521	13,5
Total	0	4.295	16.279	1.164	11.754	33.491	100,0
%	0,0	12,8	48,6	3,5	35,1	100,0	

Región del Lib. Bdo. O'Higgins:
Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	1.110	31.512	17.158	0	10.690	60.470	33,8
Aserrín aserradero	240	27.037	14.873	23.483	7.629	73.262	41,0
Despunte	0	0	0	7.851	652	8.503	4,8
Viruta	0	0	0	5.496	2.648	8.144	4,6
Aserrín elaboración	0	0	0	2.355	1.650	4.006	2,2
Corteza	216	8.366	5.035	7.788	2.907	24.311	13,6
Total	1.565	66.916	37.066	46.972	26.176	178.696	100,0
%	0,9	37,4	20,7	26,3	14,6	100,0	

Región del Maule:
Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	5.534	36.001	45.464	0	42.771	129.770	14,4
Aserrín aserradero	1.197	32.545	143.620	124.957	129.965	432.284	47,9
Despunte	0	0	0	37.336	9.861	47.197	5,2
Viruta	0	0	0	26.135	40.022	66.158	7,3
Aserrín elaboración	0	0	0	11.201	24.942	36.142	4,0
Corteza	1.350	9.885	53.901	62.065	63.393	190.595	21,1
Total	8.081	78.431	242.985	261.695	310.953	902.145	100,0
%	0,9	8,7	26,9	29,0	34,5	100,0	

Región del Bío-Bío:
Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	5.236	43.042	62.347	5.425	55.895	171.945	5,5
Aserrín aserradero	1.149	41.635	928.174	462.060	299.363	1.732.382	54,9
Despunte	0	0	0	153.679	15.045	168.724	5,4
Viruta	0	0	0	107.575	61.066	168.641	5,3
Aserrín elaboración	0	0	0	46.104	38.055	84.159	2,7
Corteza	1.165	13.615	445.260	216.005	151.503	827.549	26,2
Total	7.550	98.293	1.435.782	990.848	620.928	3.153.400	100,0
%	0,2	3,1	45,5	31,4	19,7	100,0	

Región de la Araucanía:
Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con	Permanente con elaboración		
Lampazo	9.598	23.830	20.974	3.688	36.221	94.310	15,2
Aserrín aserradero	2.075	20.831	131.450	91.183	63.968	309.507	50,0
Despunte	0	0	0	34.023	4.192	38.216	6,2
Viruta	0	0	0	23.816	17.015	40.832	6,6
Aserrín elaboración	0	0	0	10.207	10.604	20.811	3,4
Corteza	2.189	6.525	45.256	36.681	24.235	114.885	18,6
Total	13.861	51.185	197.679	199.599	156.236	618.560	
%	2,2	8,3	32,0	32,3	25,3	100,0	

Regiones de Los Ríos y de Los Lagos:
Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	14.197	13.064	6.837	0	58.709	92.807	16,5
Aserrín aserradero	3.261	11.768	6.215	91.399	107.320	219.963	39,1
Despunte	0	0	0	38.764	7.305	46.069	8,2
Viruta	0	0	0	27.135	29.650	56.784	10,1
Aserrín elaboración	0	0	0	11.629	18.477	30.106	5,3
Corteza	3.449	4.232	2.488	42.687	64.165	117.022	20,8
Total	20.907	29.064	15.540	211.613	285.627	562.750	100,0
%	3,7	5,2	2,8	37,6	50,8	100,0	

Región de Aysén:
Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	7.065	653	1.397	1.066	0	10.180	59,1
Aserrín aserradero	1.838	553	1.010	722	0	4.123	23,9
Despunte	0	0	0	124	0	124	0,7
Viruta	0	0	0	87	0	87	0,5
Aserrín elaboración	0	0	0	37	0	37	0,2
Corteza	1.729	192	450	313	0	2.684	15,6
Total	10.631	1.398	2.857	2.348	0	17.234	100,0
%	61,7	8,1	16,6	13,6	0,0	100,0	

Región de Magallanes:
Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	111	257	32.991	231	4.224	37.814	49,8
Aserrín aserradero	24	218	23.085	239	2.889	26.455	34,8
Despunte	0	0	0	19	94	113	0,1
Viruta	0	0	0	13	380	393	0,5
Aserrín elaboración	0	0	0	6	237	242	0,3
Corteza	26	79	9.512	97	1.252	10.966	14,4
Total	161	554	65.588	604	9.075	75.982	100,0
%	0,2	0,7	86,3	0,8	11,9	100,0	

Región Metropolitana:
Volumen de residuos por tipo de aserradero (m³/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	0	144	0	0	0	144	47,0
Aserrín aserradero	0	122	0	0	0	122	39,9
Despunte	0	0	0	0	0	0	0,0
Viruta	0	0	0	0	0	0	0,0
Aserrín elaboración	0	0	0	0	0	0	0,0
Corteza	0	40	0	0	0	40	13,1
Total	0	307	0	0	0	307	100,0
%	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	

Volumen total de residuos por tipo de aserradero (m3/año)

Tipo de residuo	Tipo de aserradero					Total	%
	Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración		
Lampazo	42.850	150.340	194.482	10.825	213.346	611.844	11,0
Aserrín aserradero	9.783	136.579	1.255.115	794.392	614.775	2.810.643	50,7
Despunte	0	0	0	271.935	37.388	309.323	5,6
Viruta	0	0	0	190.354	151.752	342.106	6,2
Aserrín elaboración	0	0	0	81.580	94.570	176.150	3,2
Corteza	10.124	43.523	564.262	365.756	308.918	1.292.583	23,3
Total	62.757	330.442	2.013.859	1.714.842	1.420.748	5.542.649	100,0
%	1,1	6,0	36,3	30,9	25,6	100,0	

Anexo 4:

Destino de los residuos por región según tipo de aserradero

Región de Coquimbo:

Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	0	0	0	0	0	0,0
Móvil tradicional	0	0	0	0	0	0,0
Subtotal	0	0	0	0	0	0,0
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Permanente tradicional	83	0	0	0	83	100,0
Permanente c/remanufactura	0	0	0	0	0	0,0
Permanente c/elaboración	0	0	0	0	0	0,0
Subtotal	83	0	0	0	83	100,0
%	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	
Total	83	0	0	0	83	100,0
%	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	

Región de Valparaíso:

Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	0	0	0	0	0	0,0
Móvil tradicional	2.030	1.846	68	351	4.295	12,8
Subtotal	2.030	1.846	68	351	4.295	12,8
%	47,3	43,0	1,6	8,2	100,0	
Permanente tradicional	6.043	5.994	4.241	0	16.279	48,6
Permanente c/remanufactura	1.164	0	0	0	1.164	3,5
Permanente c/elaboración	11.669	35	49	0	11.754	35,1
Subtotal	18.876	6.029	4.291	0	29.196	87,2
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	20.906	7.875	4.359	351	33.491	100,0
%	62,4	23,5	13,0	1,0	100,0	

Región del Lib. Bdo. O'Higgins:
Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	1.397	0	0	168	1.565	0,9
Móvil tradicional	43.012	12.934	212	10.757	66.916	37,4
Subtotal	44.410	12.934	212	10.924	68.481	38,3
%	64,8	18,9	0,3	16,0	100,0	
Permanente tradicional	26.174	6.193	3.978	722	37.066	20,7
Permanente c/remanufactura	46.972	0	0	0	46.972	26,3
Permanente c/elaboración	19.991	4.242	257	1.687	26.176	14,6
Subtotal	93.137	10.435	4.234	2.409	110.215	61,7
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	137.547	23.369	4.447	13.333	178.696	100,0
%	77,0	13,1	2,5	7,5	100,0	

Región del Maule:
Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	6.885	0	0	1.197	8.081	0,9
Móvil Tradicional	51.407	6.910	70	20.044	78.431	8,7
Subtotal	58.292	6.910	70	21.240	86.512	9,6
%	67,4	8,0	0,1	24,6	100,0	
Permanente tradicional	140.217	63.116	2.288	37.364	242.985	26,9
Permanente c/remanufactura	162.465	0	99.230	0	261.695	29,0
Permanente c/elaboración	195.925	20.222	73.144	21.663	310.953	34,5
Subtotal	498.607	83.338	174.662	59.026	815.633	90,4
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	556.899	90.247	174.732	80.267	902.145	100,0
%	61,7	10,0	19,4	8,9	100,0	

Región del Bío-Bío:
Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	4.548	1.304	0	1.698	7.550	0,2
Móvil tradicional	39.478	20.156	5.660	32.998	98.293	3,1
Subtotal	44.026	21.460	5.660	34.696	105.843	3,4
%	41,6	20,3	5,3	32,8	100,0	
Permanente tradicional	857.872	53.166	512.156	12.587	1.435.782	45,5
Permanente c/ remanufactura	488.835	0	502.013	0	990.848	31,4
Permanente c/elaboración	399.225	43.993	166.984	10.725	620.928	19,7
Subtotal	1.745.933	97.159	1.181.153	23.312	3.047.557	96,6
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	1.789.959	118.619	1.186.813	58.009	3.153.400	100,0
%	56,8	3,8	37,6	1,8	100,0	

Región de la Araucanía:
Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m3 scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	3.479	3.581	4.805	1.997	13.861	2,2
Móvil tradicional	30.127	4.037	2.306	14.716	51.185	8,3
Subtotal	33.606	7.618	7.110	16.713	65.047	10,5
%	51,7	11,7	10,9	25,7	100,0	
Permanente tradicional	168.792	7.621	17.175	4.091	197.679	32,0
Permanente c/remanufactura	96.896	3.264	99.439	0	199.599	32,3
Permanente c/elaboración	85.359	15.635	52.665	2.577	156.236	25,3
Subtotal	351.047	26.520	169.279	6.667	553.513	89,5
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	384.652	34.138	176.390	23.380	618.560	100,0
%	62,2	5,5	28,5	3,8	100,0	

**Regiones de Los Ríos y de Los Lagos:
Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)**

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	10.520	7.412	1.480	1.495	20.907	3,7
Móvil tradicional	10.811	5.112	6.280	6.861	29.064	5,2
Subtotal	21.331	12.524	7.760	8.356	49.970	8,9
%	42,7	25,1	15,5	16,7	100,0	
Permanente tradicional	6.619	1.835	3.999	3.087	15.540	2,8
Permanente c/remanufactura	61.492	0	147.578	2.543	211.613	37,6
Permanente c/elaboración	136.753	15.443	124.955	8.476	285.627	50,8
Subtotal	204.863	17.278	276.533	14.106	512.780	91,1
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	226.194	29.802	284.292	22.462	562.750	100,0
%	40,2	5,3	50,5	4,0	100,0	

**Región de Aysén:
Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)**

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	5.930	706	1.120	2.876	10.631	61,7
Móvil tradicional	740	13	0	645	1.398	8,1
Subtotal	6.670	719	1.120	3.520	12.029	69,8
%	55,4	6,0	9,3	29,3	100,0	
Permanente tradicional	287	790	125	1.656	2.857	16,6
Permanente c/remanufactura	689	138	838	683	2.348	13,6
Permanente c/elaboración	0	0	0	0	0	0,0
Subtotal	976	928	962	2.339	5.205	30,2
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	7.646	1.646	2.082	5.859	17.234	100,0
%	44,4	9,6	12,1	34,0	100,0	

Región de Magallanes:
Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	0	24	137	0	161	0,2
Móvil tradicional	0	518	36	0	554	0,7
Subtotal	0	542	173	0	715	0,9
%	0,0	75,8	24,2	0,0	100,0	
Permanente tradicional	11.330	11.662	37.422	5.175	65.588	86,3
Permanente c/remanufactura	346	258	0	0	604	0,8
Permanente c/elaboración	3.054	6.021	0	0	9.075	11,9
Subtotal	14.730	17.940	37.422	5.175	75.267	99,1
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	14.730	18.482	37.595	5.175	75.982	100,0
%	19,4	24,3	49,5	6,8	100,0	

Región Metropolitana:
Destino de los residuos por tipo de aserradero (m³ scc/año)

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	0	0	0	0	0	0,0
Móvil tradicional	113	0	0	194	307	100,0
Subtotal	113	0	0	194	307	100,0
%	36,9	0,0	0,0	63,1	100,0	
Permanente tradicional	0	0	0	0	0	0,0
Permanente c/remanufactura	0	0	0	0	0	0,0
Permanente c/elaboración	0	0	0	0	0	0,0
Subtotal	0	0	0	0	0	0,0
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Total	113	0	0	194	307	100,0
%	36,9	0,0	0,0	63,1	100,0	

Volumen total de residuos por destino y tipo de aserradero

Tipo de aserradero	Destino de los residuos (m³ scc)				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Móvil portátil	32.759	13.026	7.542	9.431	62.757	1,1
Móvil Tradicional	177.718	51.527	14.633	86.565	330.442	6,0
Subtotal	210.477	64.553	22.174	95.996	393.200	7,1
%	53,5	16,4	5,6	24,4	100,0	
Permanente tradicional	1.217.417	150.377	581.384	64.681	2.013.859	36,3
Permanente c/remanufactura	858.859	3.659	849.098	3.226	1.714.842	30,9
Permanente c/elaboración	851.977	105.591	418.054	45.127	1.420.748	25,6
Subtotal	2.928.253	259.626	1.848.535	113.034	5.149.449	92,9
%	56,9	5,0	35,9	2,2	100,0	
Total	3.138.730	324.179	1.870.710	209.030	5.542.649	100,0
%	56,6	5,8	33,8	3,8	100,0	

Anexo 5:

Destino de los residuos por región según tipo

Región de Coquimbo: Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	41,1	0	0	0	41	49,5
Aserrín aserradero	31,5	0	0	0	31	37,9
Despunte	0,0	0	0	0	0	0,0
Viruta	0,0	0	0	0	0	0,0
Aserrín elaboración	0,0	0	0	0	0	0,0
Corteza	10,5	0	0	0	10	12,6
Total	83,1	0	0	0	83	100,0
%	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0	

Región de Valparaíso: Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	9.604	764	3.866	129	14.363	42,9
Aserrín aserradero	6.544	5.369	443	159	12.514	37,4
Despunte	294	35	49	0	378	1,1
Viruta	1.068	0	0	0	1.068	3,2
Aserrín elaboración	647	0	0	0	647	1,9
Corteza	2.750	1.707	0	64	4.521	13,5
Total	20.906	7.875	4.359	351	33.491	100,0
%	62,4	23,5	13,0	1,0	100,0	

Región del Lib. Bdo. O'Higgins:
Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	44.688	7.688	3.350	4.744	60.470	33,8
Aserrín aserradero	53.322	12.829	212	6.899	73.262	41,0
Despunte	8.404	96	4	0	8.503	4,8
Viruta	7.724	356	64	0	8.144	4,6
Aserrín elaboración	3.332	351	0	322	4.006	2,2
Corteza	20.077	2.050	817	1.368	24.311	13,6
Total	137.547	23.369	4.447	13.333	178.696	100,0
%	77,0	13,1	2,5	7,5	100,0	

Región del Maule: Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	126.621	144	1.779	1.225	129.770	14,4
Aserrín aserradero	229.464	62.295	79.024	61.500	432.284	47,9
Despunte	17.509	2.132	27.556	0	47.197	5,2
Viruta	27.954	2.815	34.416	972	66.158	7,3
Aserrín elaboración	21.882	1.865	9.755	2.641	36.142	4,0
Corteza	133.468	20.997	22.202	13.928	190.595	21,1
Total	556.899	90.247	174.732	80.267	902.145	100,0
%	61,7	10,0	19,4	8,9	100,0	

Región del Bío-Bío: Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	138.312	16.052	15.082	2.499	171.945	5,5
Aserrín aserradero	896.604	64.394	724.499	46.885	1.732.382	54,9
Despunte	81.749	1.725	85.201	48	168.724	5,4
Viruta	63.949	6.973	96.742	977	168.641	5,3
Aserrín elaboración	44.530	4.203	34.512	913	84.159	2,7
Corteza	564.814	25.272	230.776	6.687	827.549	26,2
Total	1.789.959	118.619	1.186.813	58.009	3.153.400	100,0
%	56,8	3,8	37,6	1,8	100,0	

Región de la Araucanía: Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	68.223	6.712	18.644	731	94.310	15,2
Aserrín aserradero	210.163	20.379	59.979	18.986	309.507	50,0
Despunte	430	550	37.236	0	38.216	6,2
Viruta	2.622	1.942	35.844	425	40.832	6,6
Aserrín elaboración	11.469	2.006	7.055	280	20.811	3,4
Corteza	91.745	2.549	17.632	2.958	114.885	18,6
Total	384.652	34.138	176.390	23.380	618.560	100,0
%	62,2	5,5	28,5	3,8	100,0	

Regiones de Los Ríos y de Los Lagos: Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	53.522	8.626	27.560	3.099	92.807	16,5
Aserrín aserradero	91.659	15.568	99.645	13.091	219.963	39,1
Despunte	10.952	384	34.732	0	46.069	8,2
Viruta	11.932	1.370	43.234	248	56.784	10,1
Aserrín elaboración	12.949	1.504	15.016	637	30.106	5,3
Corteza	45.179	2.349	64.106	5.387	117.022	20,8
Total	226.194	29.802	284.292	22.462	562.750	100,0
%	40,2	5,3	50,5	4,0	100,0	

Región de Aysén:
Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuos	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	6.053	756	1.491	1.881	10.180	59,1
Aserrín aserradero	23	589	44	3.467	4.123	23,9
Despunte	0	62	62	0	124	0,7
Viruta	0	0	87	0	87	0,5
Aserrín elaboración	0	4	0	33	37	0,2
Corteza	1.570	236	399	479	2.684	15,6
Total	7.646	1.646	2.082	5.859	17.234	100,0
%	44,4	9,6	12,1	34,0	100,0	

Región de Magallanes:
Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuos	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	12.412	4.934	19.731	736	37.814	49,8
Aserrín aserradero	0	11.065	12.414	2.975	26.455	34,8
Despunte	78	35	0	0	113	0,1
Viruta	237	156	0	0	393	0,5
Aserrín elaboración	0	242	0	0	242	0,3
Corteza	2.003	2.049	5.450	1.463	10.966	14,4
Total	14.730	18.482	37.595	5.175	75.982	100,0
%	19,4	24,3	49,5	6,8	100,0	

Región Metropolitana: Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	0	0	0	144	144	47,0
Aserrín aserradero	113	0	0	9	122	39,9
Despunte	0	0	0	0	0	0,0
Viruta	0	0	0	0	0	0,0
Aserrín elaboración	0	0	0	0	0	0,0
Corteza	0	0	0	40	40	13,1
Total	113	0	0	194	307	100,0
%	36,9	0,0	0,0	63,1	100,0	

Destino de los residuos según tipo (m³ scc/año)

Tipo de residuo	Destino				Total	%
	Comercializa	Regala	Autoconsume	Acumula		
Lampazo	459.477	45.676	91.503	15.188	611.844	11,0
Aserrín Aserradero	1.487.923	192.488	976.261	153.971	2.810.643	50,7
Aserrín Elaboración	94.810	10.176	66.338	4.827	176.150	3,2
Despunte	119.416	5.019	184.839	48	309.323	5,6
Viruta	115.486	13.611	210.387	2.621	342.106	6,2
Corteza	861.617	57.209	341.382	32.375	1.292.583	23,3
Total	3.138.730	324.179	1.870.710	209.030	5.542.649	100,0
%	56,6	5,8	33,8	3,8	100,0	

Anexo 6:

Distribución de residuos según provincia

Distribución de residuos según provincia y tipo de aserradero (ton/año)

Región	Provincia	Tipo de aserradero					Total
		Móvil portátil	Móvil tradicional	Permanente tradicional	Permanente con remanufactura	Permanente con elaboración	
IV	Elqui	0	0	51	0	0	51
Total		0	0	51	0	0	51
V	Quillota	0	189	0	0	0	189
	San Antonio	0	1.466	2.832	724	1.239	6.261
	Valparaíso	0	977	7.115	0	6.006	14.098
Total		0	2.633	9.947	724	7.245	20.549
VI	Cachapoal	0	11.525	9.892	0	5.815	27.232
	Cardenal Caro	959	26.262	10.567	28.429	8.910	75.128
	Colchagua	0	3.449	2.274	0	1.505	7.228
Total		959	41.236	22.733	28.429	16.230	109.588
VII	Cauquenes	4.888	7.847	12.461	18.019	3.542	46.757
	Curicó	0	15.061	2.175	0	4.140	21.376
	Linares	0	14.065	5.997	1.218	2.922	24.202
	Talca	0	11.339	122.755	134.106	174.399	442.599
Total		4.888	48.311	143.387	153.344	185.003	534.934
VIII	Arauco	2.666	14.161	186.458	115.809	111.346	430.439
	Bío Bío	724	7.800	375.664	280.589	79.316	744.093
	Concepción	0	9.004	110.617	148.947	59.268	327.835
	Nuble	1.203	29.249	140.299	40.385	112.767	323.904
Total		4.593	60.214	813.038	585.730	362.697	1.826.272
IX	Cautín	5.977	25.649	41.799	119.835	89.537	282.797
	Malleco	2.442	5.860	74.474	0	5.473	88.248
Total		8.419	31.509	116.273	119.835	95.010	371.045
X	Chiloé	696	3.030	565	0	340	4.631
	Llanquihue	221	5.434	2.083	0	37.646	45.384
	Osorno	2.300	3.896	1.461	18.648	29.314	55.618
	Palena	28	471	0	0	0	499
	Valdivia	9.412	4.918	5.320	107.375	101.033	228.059
Total		12.658	17.749	9.429	126.023	168.333	334.192
XI	Aysén	2.610	0	1.087	0	0	3.697
	Capitán Prats	710	394	0	0	0	1.104
	Coyhaique	3.123	282	649	1.442	0	5.496
	General Carrera	0	181	0	0	0	181
Total		6.443	857	1.736	1.442	0	10.478
XII	Antártica	98	0	0	0	0	98
	Magallanes	0	302	13.002	0	5.561	18.865
	Tierra del fuego	0	0	17.609	0	0	17.609
	Última Esperanza	0	36	9.452	367	0	9.855
Total		98	339	40.064	367	5.561	46.428
R.M.	Maipo	0	189	0	0	0	189
Total		0	189	0	0	0	189
Total		38.059	203.036	1.156.657	1.015.893	840.078	3.253.724

Anexo 7:

Precio promedio de residuos y astillas según región

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de lampazo
según región puesto en origen**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V	5	2.137
VI	1	1.250
VII	2	2.800
VIII	15	2.407
IX	15	2.700
X	25	3.248
XI	3	4.333
XII		
RM		
Total	66	2.854

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de despunte
según región puesto en origen**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V		
VI		
VII		
VIII	3	2.067
IX	5	2.000
X	12	3.375
XI	9	4.722
XII		
RM		
Total	29	3.421

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de corteza
según región puesto en origen**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V		
VI	1	700
VII	7	649
VIII	7	743
IX	2	475
X		
XI		
XII		
RM		
Total	17	670

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de viruta
según región puesto en origen**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V	6	824
VI	2	750
VII	7	821
VIII	3	333
IX	5	925
X	10	681
XI		
XII		
RM		
Total	33	746

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de aserrín
según región puesto en origen**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V	5	1.198
VI	10	535
VII	10	898
VIII	9	442
IX	9	589
X	15	748
XI		
XII		
RM		
Total	58	704

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de lampazo
según región puesto en destino**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V	1	2.500
VI		
VII	2	5.500
VIII	7	3.157
IX	2	3.400
X	3	5.500
XI	2	8.250
XII		
RM		
Total	17	4.435

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de despunte
según región puesto en destino**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V		
VI		
VII		
VIII	2	1.500
IX	1	1.800
X	2	6.500
XI	2	8.250
XII		
RM		
Total	7	4.900

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de corteza
según región puesto en destino**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V		
VI		
VII	4	875
VIII	18	802
IX	4	2.388
X		
XI		
XII		
RM		
Total	26	1.057

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de viruta
según región puesto en destino**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V		
VI		
VII	1	600
VIII	5	1.220
IX		
X	1	1.900
XI		
XII		
RM		
Total	7	1.229

**Precio promedio (\$/metro estéreo) de aserrín
según región puesto en destino**

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V	1	2.500
VI	1	800
VII	5	790
VIII	18	874
IX	5	2.690
X	3	2.300
XI		
XII		
RM		
Total	33	1.313

Precio promedio (\$/metro estéreo) de astillas según región

Región	Número	Precio promedio (\$/metro estéreo)
IV		
V		
VI	2	3.937
VII	26	4.096
VIII	2	1.500
IX	1	4.100
X	5	3.325
XI		
XII		
RM		
Total	36	3.836